

О.Г. Инюшкина, В.М. Кормышев

**Исследование систем управления
при проектировании
информационных систем**

Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

О.Г. Инюшкина, В.М. Кормышев

Исследование систем управления при проектировании информационных систем

Учебное пособие

Научный редактор д.п.н., проф. Матвеева Т.А.

Екатеринбург
Издательство «Форт-Диалог Исеть»
2013

УДК 519:6 + 658.01 + 681.3 + 004.8
ББК 65.290 – 2я73 + 65.5ф
И74

Рецензенты:

проф., д-р пед. наук Л.И. Долинер (Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГОБУ ВПО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Екатеринбург);
д-р физ.-мат. наук В.В. Прохоров (НПЦ «Видикор», г. Екатеринбург)

Инюшкина О.Г., Кормышев В.М.

И74 Исследование систем управления при проектировании информационных систем: учебное пособие / О.Г. Инюшкина, В.М. Кормышев. Екатеринбург: УрФУ, 2013. 370 с.

ISBN 978-5-91128-069-7

Учебно-методическое пособие предназначено для освоения на практике методов исследования предметной области при проектировании информационных систем.

Учебно-методическое пособие содержит теоретический материал по дисциплинам магистерских программ и бакалавриата направления 230400 «Информационные системы и технологии», 230200 «Информационные системы».

Библиогр.: 75 назв., Рис.: 30, Табл.:22

УДК 519:6 + 658.01 + 681.3 + 004.8
ББК 65.290 – 2я73 + 65.5ф

ISBN 978-5-91128-069-7

© Инюшкина О.Г., Кормышев В.М., 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	5
1.1. Основные понятия общей теории систем	5
1.2. Организация как система управления	22
1.3. Основные понятия информационных технологий и систем.....	71
1.4. Основные понятия проектирования	80
1.5. Жизненный цикл проекта по созданию ИС	87
1.6. Предпроектное обследование объекта автоматизации	105
2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ (ИСУ)	114
2.1. Основные понятия ИСУ	114
2.2. Типология методов ИСУ	116
2.3. Примеры использования методов ИСУ	120
2.4. Системный анализ и системный подход	216
2.5. Моделирование систем	260
2.6. Структурный анализ и структурное проектирование	350
3. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИТ-ПРОЕКТА	364
3.1. Подходы к оценке эффективности ИТ-проекта	364
3.2. Методика быстрого экономического обоснования	366
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	369
Библиографический список	370

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие посвящено освоению методов исследования системы управления при проектировании информационных систем на стадии предпроектного обследования объекта автоматизации. Работа рассчитана на подготовку ИТ-специалистов предприятия к проектированию качественных автоматизированных информационных систем.

Исследования показывают, что наибольший процент ошибок в системе возникает в процессе анализа и проектирования, и гораздо меньший – при реализации и тестировании, а временные и денежные затраты на обнаружение и исправление ошибок увеличиваются на более поздних стадиях проекта. Эксплуатационные расходы, возникающие после сдачи системы, могут существенно превышать расходы на ее создание и продолжать расти из-за низкого качества исходно созданной системы. При этом исправление ошибки на стадии проектирования стоит в 2 раза, на стадии тестирования – в 10 раз, а на стадии эксплуатации системы – в 100 раз дороже, чем на стадии анализа. Кроме того, ошибки анализа и проектирования обнаруживаются часто самими пользователями, что вызывает их недовольство.

Порядок освоения предполагает расширение компетенций в области проектирования ИС, что должно способствовать более успешной реализации, внедрению и поддержке ИС. Первая глава посвящена основным понятиям проектирования информационных систем. Вторая дает широкий обзор методов исследования объекта автоматизации и подробно освещает методы структурного анализа и проектирования систем. Третья глава посвящена методам оценки эффективности ИТ-проекта.

Материал разработан и может быть использован для изучения в рамках направлений подготовки высшего профессионального образования для бакалавров и магистров 230400 «Информационные системы и технологии», 230200 «Информационные системы».

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

1.1. Основные понятия общей теории систем (ОТС)

История возникновения ОТС

В настоящее время знания человека о природе разрослись до такой степени, что не представляется возможным охватить не только весь их объем, но и отдельные области. При этом для создания полезных знаний и продуктов необходимы сведения из смежных областей. Теория систем призвана помочь человечеству в преодолении недостатков узкой специализации, усилении междисциплинарных связей, развитии диалектического видения мира, системного мышления.

Теория систем впервые была применена в точных науках и технике как вклад школы науки управления. Как самостоятельная дисциплина теория систем оформилась в 40-50-х годах XX века. Системный анализ со временем стал меж- и наддисциплинарным курсом, обобщающим методологию исследования сложных технических и социальных систем, а также представляет собой наиболее надежную концептуальную основу современного менеджмента.

Специфической чертой социальной роли науки в настоящее время является направленность научного познания в целом на создание эффективных средств управления как природными, так и социальными процессами.

Одно из первых открытий, сделанных философами (Б.Трентовский), заключалось в том, что действительно эффективное управление должно учитывать все важнейшие внешние и внутренние факторы, влияющие на объект управления. При этом главная сложность управления связана, по со сложностью поведения людей.

Следующие открытие (А.А. Богданов) заключалось в следующем. Все

существующие объекты и процессы имеют определенную степень, уровень организованности. Все явления рассматриваются, как непрерывные процессы организации и дезорганизации. При этом уровень организации тем выше, чем сильнее свойства целого отличаются от простой суммы свойств его частей.

Широкое признание теории, осознание системности мира началось в 1948 году после публикации американским математиком Н.Винером книги «Кибернетика». Первоначально он определяет кибернетику как «науку об управлении и связи в животных и машинах» (анalogии процессов в живых организмах и машинах), позже анализирует с позиций кибернетики процессы, происходящие в обществе.

С кибернетикой Винера связаны такие продвижения, как типизация моделей систем, выявление особого значения обратных связей в системе, подчеркивание принципа оптимальности в управлении и синтезе в целом, осознание информации как всеобщего свойства материи и возможности ее количественного описания, развитие методологии моделирования вообще и, в особенности идеи математического эксперимента с помощью ЭВМ.

Параллельно и независимо от кибернетики прокладывается еще один подход к науке о системах – общая теория систем. Выдвигается идея построения теории, применимой к системам любой природы (австрийский биолог Л.Берталанфи). Один из путей реализации этой идеи – поиск и обобщение структурного сходства законов, установленных в различных дисциплинах.

В отличие от предыдущего подхода (Винер), где изучаются внутрисистемные обратные связи, а функционирование систем рассматривается просто как отклик на внешнее воздействие, данный подход подчеркивает особое значение обмена веществом, энергией и информацией с открытой средой.

Отправной точкой общей теории систем как самостоятельной науки можно считать 1954 год, когда было организовано общество содействия развитию общей теории систем. Указывается основная причина появления новой отрасли знания:

Существует общая тенденция к достижению единства различных естест-

венных и общественных наук. Такое единство может быть предметом изучения ОТС. Эта теория может быть важным средством формирования строгих теорий в науках о живой природе и обществе. Все это может приблизить к достижению единства науки и единства научного образования.

Развитием системного анализа занимались ученые самых различных специальностей (физики, философы, геологи, медики, биологи). Это указывает на то, что положение ОТС находится в центре человеческих знаний.

По степени общности ОТС ставят на один уровень с математикой и философией (Дж. ван Гиг). Близко к ОТС расположены другие науки, занимающиеся изучением систем: кибернетика, теология, теория информации, инженерная теория связи, теория ЭВМ, системотехника, исследование операций и связанные с ними научные и инженерные направления.

ОТС как дисциплина, претендующая на роль «скелета науки» возложила на себя также функцию разработки системы основных понятий.

Определения понятий общей теории систем

Рассмотрим основные понятия ОТС, без оперирования которыми невозможно ни структурирование научного знания, ни анализ организаций.

Понятие **системы** является центральным в кибернетике и теории систем, многие авторы давали этому понятию различные определения. На основе анализа тридцати пяти различных определений понятия «система», были выбраны следующие (А.И. Уемов):

- система – множество объектов, на котором реализуется определенное отношение с фиксированными свойствами;
- система – множество объектов, которые обладают заранее определенными свойствами с фиксированными между ними отношениями.

Эти определения, несмотря на краткость, достаточно полны, но слишком тяжелы для восприятия. Более понятное, но в контексте кибернетики, определение Р.Эшби: «система – любая совокупность переменных, которую наблюда-

тель выбирает из числа переменных, свойственных реальной «машине»».

Определение Аккофа и Эмери (понятное и наиболее часто встречающееся в литературе): «Система – множество взаимосвязанных элементов, каждый из которых связан прямо или косвенно с каждым другим элементом, а два любые подмножества этого множества не могут быть независимыми».

Значения понятия «система» в греческом языке: сочетание, организм, устройство, организация, союз, строй, руководящий орган. Первенство в использовании этого понятия приписывается стоикам. Также это понятие прослеживается у Аристотеля.

Некоторые идеи, лежащие в основе общей теории систем (встречаются уже у Гегеля):

- целое есть нечто большее чем сумма частей;
- целое определяет природу частей;
- части не могут быть познаны при рассмотрении их вне целого;
- части находятся в постоянной взаимосвязи и взаимозависимости.

Система – это некоторая целостность, состоящая из взаимозависимых элементов и удовлетворяющая следующим двум требованиям:

- 1) поведение каждого элемента системы влияет на поведение системы в целом, и существенные свойства системы теряются, когда она расчленяется;
- 2) поведение элементов системы и их воздействие на целое взаимозависимы, и существенные свойства элементов системы при их отделении от системы также теряются (Гегель писал о том, что рука, отделенная от организма, перестает быть рукой, потому что она не живая).

Таким образом, свойства, поведение или состояние, которыми обладает система, отличаются от свойств, поведения или состояния образующих ее элементов (подсистем).

Кортежное определение системы: $S : \{ \{E\}, \{A\}, F \}$, где S – система, $\{E\}$ – совокупность элементов, $\{A\}$ – совокупность связей, F – свойство (функция).

Основные характеристики системы:

- свойство (назначение, функция) системы отлично от суммы свойств ее элементов (эмерджентность); совокупность свойств элементов системы не представляет собой общего свойства системы, а дает некоторое новое свойство;
- для любой системы характерно наличие собственной, специфической закономерности действия, не выводимой непосредственно из одних лишь способов действия образующих ее элементов;
- всякая система является развивающейся, она имеет свое начало в прошлом и продолжение в будущем.

Элемент представляет собой далее не делимый компонент системы при данном способе расчленения, это компонент, обладающий рядом важных для целей рассмотрения свойств, при этом его внутреннее содержание (строение) безотносительно к цели рассмотрения.

При определении этого понятия нет такого большого количества мнений, как в случае с понятием «система». Все авторы дают схожие определения, но при этом часто упоминают, что элементы могут в свою очередь представлять собой системы, т.е. быть *подсистемами*. С этой точки зрения при анализе организации (составлении модели) основной сложностью является разбиение цельной системы на конечное число элементов, чтобы избежать излишней сложности и при этом не потерять в адекватности модели исследуемому объекту.

Элементы (Ван Гиг) делятся на *живые* и *неживые*, *входные* и *выходные*.

Различие между входными элементами и ресурсами очень незначительно и зависит от *точки зрения* и условий. В процессе преобразования входные элементы – это те элементы, которые потребляют ресурсы. Определяя входные элементы и ресурсы систем, важно указать, контролируются ли они проектировщиком системы, т.е. следует их рассматривать как часть системы или как часть окружающей среды.

При оценке эффективности системы *входные элементы* и *ресурсы* обычно относят к затратам.

Выходные элементы представляют собой результат процесса преобразования в системе и рассматриваются как выходы (например, прибыль).

Окружающая среда. *Окружающую среду* можно противопоставить элементу. Если элемент определяет (ограничивает) уровень детализации системы в рамках определенных границ, то окружающая среда эти границы устанавливает. Если система – это целенаправленное множество взаимосвязанных элементов любой природы, то внешняя (окружающая) среда – это множество существующих вне системы элементов любой природы, оказывающих влияние на систему или находящихся под ее воздействием.

Связь – отношения между элементами.

Структура. Понятие *структуры* связано с упорядоченностью отношений, которые связывают элементы системы. «Чтобы получить велосипед, недостаточно получить коробку со всеми его деталями. Необходимо еще правильно соединить детали между собой».

Структура – это совокупность необходимых и достаточных для достижения цели отношений между элементами (Перегудов и Тарасенко).

Другие определения структуры:

- совокупности связей между элементами системы, отражающих их взаимодействие;
- устойчивая упорядоченность ее элементов и связей;
- форма представления некоторого объекта в виде составных частей;
- множество всех возможных отношений между подсистемами и элементами внутри системы;
- совокупность элементов и связей между ними, которые определяются, исходя из распределения функций и целей, поставленных перед системой;

- то, что остается неизменным в системе при изменении ее состояния, при реализации различных форм поведения, при совершении системой операций и т.п.;
- совокупность элементов и связей между ними, определяющих целостность системы.

Структура определяет *целостность, внутреннее содержание* и основные *свойства системы*, изменение структуры ведет к изменению свойств системы.

Энтропия. *Энтропией* называется степень неупорядоченности.

В термодинамике, откуда заимствовано это понятие, энтропия связывается с вероятностью возникновения определенного расположения молекул.

В кибернетике и ОТС **энтропия** означает величину разнообразия системы, где под разнообразием понимается степень неопределенности, возникающей при выборе из большого числа возможных вариантов.

Для уменьшения энтропии необходимо уменьшить существующую неопределенность, что обеспечивается путем получения информации.

Понятия энтропии и количества информации можно использовать для того, чтобы дать характеристику живым и неживым системам.

Неживые системы (рассматриваются обычно как закрытые) имеют тенденцию развиваться по направлению к состоянию максимальной неупорядоченности и энтропии.

Отличительной чертой живых (открытых) систем является их сопротивляемость процессу разупорядочения и их развитие по направлению к состоянию более высокой организации.

ОТС объясняет эти тенденции, основываясь на следующих фактах:

- обработка информации приводит к соответствующему уменьшению положительной энтропии;
- получение энергии из внешней среды (увеличение отрицательной энтропии) противодействует ослабевающим тенденциям необратимого естественного процесса (увеличению положительной энтропии).

Кибернетика установила, что управление присуще только системным объектам, а общим в процессах (управления) является его антиэнтропийный характер, направленность на упорядочение системы. Конечной целью теории управления является универсализация, а значит согласованность, оптимизация и наибольшая эффективность функционирования систем.

Состав системы

Основными частями системы являются *вход, процесс (или операция) и выход*.

Первая часть системы – вход. У любой системы вход состоит из элементов, классифицируемых по их роли в процессах, протекающих в системе.

Первый элемент входа – тот, над которым осуществляется некоторый процесс, или операция. Этот вход есть или будет «нагрузкой» системы (сырье, материалы, энергия, информация и др.).

Вторым элементом входа системы является внешняя (окружающая) среда, под которой понимается совокупность факторов и явлений, воздействующих на процессы системы и не поддающихся прямому управлению со стороны ее руководителей.

Не контролируемые системами внешние факторы обычно можно разбить на **две категории**:

- случайные, характеризующиеся законами распределения, неизвестными законами или действующие без всяких законов (например, природные условия);
- факторы, находящиеся в распоряжении системы, являющейся внешней и активно, разумно действующей по отношению к рассматриваемой системе (например, нормативно-правовые документы, целевые установки).

Цели внешней системы могут быть известны, известны не точно, вовсе не известны.

Третий элемент входа обеспечивает размещение и перемещение компо-

нентов системы, например различные инструкции, положения, приказы, то есть задает законы ее организации и функционирования, цели, ограничительные условия и др.

По содержанию *входы* классифицируются на *материальные, энергетические, информационные*, могут представлять собой любую комбинацию вышеперечисленных.

Вторая часть системы – это операции, процессы или каналы, через которые проходят элементы входа. Система должна быть устроена таким образом, чтобы необходимые процессы (производственные, подготовки кадров, материально-технического снабжения и др.) воздействовали по определенному закону на каждый вход, в соответствующее время для достижения желаемого выхода.

Третья часть системы – выход, являющийся продуктом или результатом ее деятельности. Система на выходе должна удовлетворять ряду критериев, важнейшие из которых – стабильность и надежность. По выходу судят о степени достижения целей, поставленных перед системой.

Обратная связь. Управляющий механизм любой системы основан на принципе подачи выходного сигнала обратно на вход. Поэтому *обратная связь* – понятие, лежащее в основе основных принципов *управления системами*. Именно оно способствовало установлению принципиальных аналогий между организацией управления в таких качественно различных системах, как машины, живые организмы и коллективы людей.

Обратная связь означает соединение между выходом и входом системы, осуществляемое либо непосредственно, либо через другие элементы. Основными функциями обратной связи являются:

- противодействие тому, что делает сама система, когда она выходит за установленные пределы (например, реагирование на снижение качества);
- компенсация возмущений и поддержание состояния устойчивого равновесия системы (например, неполадки в работе оборудования);

- синтезирование внешних и внутренних возмущений, стремящихся вывести систему из состояния устойчивого равновесия, сведение этих возмущений к отклонениям одной или нескольких управляемых величин (например, выработка управляющих команд на одновременное появление нового конкурента и снижение качества выпускаемой продукции);
- выработка управляющих воздействий на объект по плохо формализуемому закону (например, установление более высокой цены на энергоносители вызывает в деятельности различных организаций сложные изменения, меняют конечные результаты их функционирования, требуют внесения изменений в производственно-хозяйственный процесс путем воздействий, которые невозможно описать с помощью аналитических выражений).

Нарушение обратных связей в социально-экономических системах по различным причинам ведет к тяжелым последствиям. Отдельные локальные системы утрачивают способность к эволюции и тонкому восприятию наметившихся новых тенденций, перспективному развитию и научно обоснованному прогнозированию своей деятельности на длительный период времени, эффективному приспособлению к постоянно меняющимся условиям внешней среды.

Особенностью *социально-экономических систем* является трудность четкого определения обратных связей, которые в них, как правило, длинные и проходят через целый ряд промежуточных звеньев. Сами управляемые величины часто не поддаются ясному определению, и трудно установить множество ограничений, накладываемых на параметры управляемых величин. Не всегда известны также действительные причины выхода управляемых переменных за установленные пределы.

Типология систем

Системы бывают *живыми* (обладающими биологическими функциями) и *неживыми*. Различают *физические (конкретные)* и *абстрактные* системы. Систему относят к *конкретным (физическим)*, если по крайней мере два ее элемента являются объектами, субъектами, либо теми и другими. Физические системы состоят из людей, изделий, оборудования, машин и прочих реальных или искусственных объектов. Система называется *абстрактной*, если ее элементы являются понятиями. В абстрактных системах свойства объектов, существование которых может быть неизвестным, за исключением их существования в уме исследователя, представляют символы. Идеи, планы, гипотезы и понятия, находящиеся в поле зрения исследователя, могут быть описаны как абстрактные системы. Все *абстрактные системы* являются *неживыми*, в то время как *конкретные системы* могут быть и *живыми*, и *неживыми*. *Виртуальные системы* – разновидность *конкретных*.

В зависимости от происхождения выделяют: *естественные* системы (например, климат, почва) и *сделанные человеком*.

По типу составных частей, входящих в систему, последние можно классифицировать на *машинные* (автомобиль, станок), *человеко-машинные* (самолет – пилот) и по типу «*социальные*» (коллектив организации).

По целевым признакам различают: *одноцелевые* системы, то есть предназначенные для решения одной единственной целевой задачи и *многоцелевые*.

Кроме того, можно выделить *функциональные* системы, обеспечивающие решение или рассмотрение отдельной стороны или аспекта задачи (планирование, снабжение и т. п.).

По степени связи с внешней средой системы классифицируют на *открытые* и *закрытые (замкнутые)*. *Открытые системы* – это системы, которые обмениваются материально-информационными ресурсами или энергией с окружающей средой регулярным и понятным образом. Противоположностью открытым системам являются *закрытые (замкнутые)*. *Закрывые системы* дейст-

вуют с относительно небольшим обменом энергией или материалами с окружающей средой, например химическая реакция, протекающая в герметически закрытом сосуде.

Все *живые системы – открытые*. *Неживые системы* являются относительно *замкнутыми*; наличие обратной связи наделяет их некоторыми неполными свойствами живых систем, связанными с состоянием *равновесия*.

В деловом мире *закрытые системы* практически отсутствуют, и считается, что *окружающая среда* является главным фактором успехов и неудач деятельности различных организаций. Однако представителей различных школ управления первых 60 лет прошлого века, как правило, не волновали проблемы внешней среды, конкуренции и всего остального, что носит внешний для организации характер. Подход с точки зрения закрытой системы предполагал то, что следует делать, чтобы оптимизировать использование ресурсов, принимая во внимание только происходящее внутри организации. Реалии окружающего мира заставили исследователей и практиков прийти к выводу, что любая попытка понять социально-экономическую систему, рассматривая ее закрытой, обречена на провал, поскольку главную роль в окружающем нас мире играет *неустойчивость и неравновесность*. С этой точки зрения системы можно классифицировать на: *равновесные, слабо равновесные, сильно неравновесные*.

Для социально-экономических систем состояние *равновесия* может наблюдаться на относительно коротком промежутке времени. Для *слабо равновесных* систем небольшие изменения внешней среды дают возможность системе в новых условиях достичь состояния нового равновесия. *Сильно неравновесные системы*, которые весьма чувствительны к внешним воздействиям, под влиянием внешних сигналов, даже небольших по величине, могут перестраиваться непредсказуемым образом.

Система может быть *устойчивой* и *неустойчивой*. *Устойчивость системы* – это состояние, означающее неизменность ее существенных переменных. *Неустойчивость* выражается в том, что система, организованная для выполнения определенных функций, перестает их выполнять под влиянием каких-либо

причин.

В изменяющейся среде или под воздействием различных «возмущений», которые достигают порога *устойчивости*, система может прекратить существование, превращаться в другую систему или распадаться на составные элементы (пример – банкротство предприятия).

Способность системы оставаться *устойчивой* через *изменения своей структуры* и поведения называется *ультрастабильностью*.

Так многие современные, прежде всего крупные компании обеспечивают высокий уровень своей *стабильности* за счет высокой приспособляемости к внешним и внутренним условиям своего функционирования. Такие компании своевременно прекращают одни направления своей деятельности и начинают другие, вовремя выходят на новые рынки и покидают бесперспективные.

Адаптивные системы

Адаптивные системы – это системы, которые могут приспособливаться к изменениям как внутренних, так и внешних условий, т.е. способные к адаптации.

Различают *пассивную* адаптацию (реагирование системы на изменение окружающей среды) и *активную* (воздействие системы на окружающую среду).

Адаптивные системы подразделяются на *самонастраивающиеся* и *самоорганизующиеся* системы. В первом случае в соответствии с изменениями внешней среды меняется способ функционирования системы, а во втором – меняется структура, организация системы.

Самоорганизующаяся система – кибернетическая (или динамическая) адаптивная система, в которой запоминание информации (накоплении опыта) выражается в изменении структуры системы.

Самоорганизующиеся и высокоорганизованные адаптивные системы обладают, кроме того, способностью так изменять внешнюю среду, чтобы изменение собственного поведения системы не являлось необходимым. Они в со-

стоянии изменять (адаптировать) внешние условия для достижения собственных целей.

Если управляемая система и (окружающая) среда стационарны, то адаптивная управляющая система по истечении определенного периода времени накапливает необходимую информацию, устраняет неопределенность, и качество адаптивного управления приближается к качеству оптимального управления в условиях полной информации.

В самоорганизующихся системах характеристики объекта управления меняются во времени и устранить неопределенность полностью не удастся. Однако в тех случаях, когда процесс адаптации быстро сходится к оптимальному процессу, качество адаптивного управления может мало отличаться от оптимального.

Поведение адаптивных систем является дуальным. С одной стороны, невозможно осуществить эффективное управление, не зная характеристик управляемой системы, с другой – можно изучать эти характеристики в процессе управления и тем самым улучшать управление, стремясь к оптимальному. В этом случае управляющие воздействия носят двойственный характер: они служат средством как активного изучения, познания управляемой системы для будущего, так и непосредственного управления в текущий момент. В адаптивных системах (управления) всегда существует известное противоречие между познавательной и направляющей функциями управляющих воздействий.

Большие и сложные системы

Большая система – система, состоящая из значительного числа однотипных элементов и связей. Особенность *больших систем* – сложная иерархическая структура организации системы, предусматривающая сочетание централизованного управления с автономностью частей. Примеры больших систем: крупные производственно-экономические системы (например, холдинги), города, строительные и научно-исследовательские комплексы.

Системный анализ предусматривает специальные приемы, с помощью которых большую систему, трудную для рассмотрения исследователем, можно было бы разделить на ряд малых взаимодействующих систем или подсистем.

Таким образом, *большой системой* целесообразно назвать такую, которую невозможно исследовать иначе, как по *подсистемам*.

Помимо больших систем в задачах управления экономикой выделяют *сложные системы*.

Сложная система – система, состоящая из элементов разных типов и обладающая разнородными связями между ними. Особенности сложных систем:

1. наличие сложной, составной цели, параллельное существование разных целей или последовательная смена целей;
2. наличие одновременно многих структур у одной системы (например, технологической, административной, функциональной и т. д.);
3. невозможность описания системы на одном языке, т.е. необходимость использования разных языков для анализа и проектирования отдельных ее подсистем (например, технологическая схема изготовления продукции; нормативно-юридические акты, устанавливающие распределение обязанностей и прав; схема документооборота и программа совещаний; порядок взаимодействия служб и отделов при разработке проекта плана).

Справиться с задачами анализа больших сложных систем можно лишь тогда, когда в нашем распоряжении будет надлежащим образом организованная система исследования, элементы которой подчинены общей цели.

Таково основное содержание закона необходимого разнообразия Эшби, из которого вытекают следующие важные практические рекомендации:

- чтобы всесторонне изучить экономическую систему и уметь управлять ею, необходимо создать систему исследования, сравнимую по своей сложности с экономической;
- невозможно эффективно управлять большой системой с помощью простой системы управления, она требует сложного управляющего механизма;

- по мере роста сложности решаемых задач должны повышаться возможности системы управления решать эти задачи;
- большие организации требуют сложных, многосторонних планов;
- для всестороннего изучения мозга и построения эквивалентных ему моделей, необходима система исследования, сравнимая по своей сложности с мозгом.

Один и тот же объект может иметь множество разных типов систем. Если рассматривать производственное предприятие как совокупность машин, технологических процессов, материалов и изделий, которые обрабатываются на машинах, то предприятие представляется как *технологическая система*. Можно рассмотреть предприятие и с другой стороны: какие люди на нем работают, каково их отношение к производству, друг к другу и т. д. Тогда это же предприятие представляется в качестве *социальной системы*. Или же можно изучать предприятие с иной точки зрения: выяснить отношение руководителей и сотрудников предприятия к средствам производства, их участие в процессе труда и распределении его результатов, место данного предприятия в системе народного хозяйства и т. д. Здесь предприятие рассматривается как *экономическая система*.

Система управления – совокупность взаимосвязанных элементов, способ реализации технологии управления, предполагающий воздействие на объект с целью изменения его состояния и процессных характеристик. Система управления включает следующие основные элементы:

- датчики информации о состоянии объекта управления;
- подсистема сбора и передачи этой информации;
- подсистема обработки и отображения этой информации;
- подсистема выработки управляющих воздействий;
- подсистема передачи управляющих воздействий;
- исполнительные устройства.

1.2. Организация как система управления

Объект управления

Рассмотрим определение понятия и общие характеристики организации как объекта управления.

Организация – это группа людей, деятельность которых сознательно координируется для достижения общей цели или целей. **Характеристики** любой организации с точки зрения системного подхода к управлению – это: *цели, ресурсы, зависимость от внешней среды, внутренние переменные, наличие подсистем и разделение труда.*

1. Цели – конкретные конечные состояния или желаемый результат, которого стремится добиться группа, работая вместе. Организация как правило – сложная система, и большинство организаций являются многоцелевыми. Цели организации взаимосвязаны и взаимозависимы.

2. Ресурсы. В общих чертах цели всякой организации включают преобразование ресурсов для достижения результатов. **Основные ресурсы**, используемые организацией – это: люди (человеческие ресурсы), капитал, материалы, технология и информация.

3. Зависимость от внешней среды. Организация, как **открытая система** (рис.) характеризуется взаимодействием с внешней средой. Внешняя среда включает:

- *среду косвенного воздействия:* экономические условия, потребители, профсоюзы, правительственные акты, законодательство, конкурирующие организации, социокультурные факторы (система ценностей в обществе, общественные взгляды и т.д.), политические факторы, отношения с местным населением, технику и технологии и другие составляющие.
- *международное окружение:* международный бизнес (экспорт, лицензирование, совместные предприятия, прямые капиталовложения – выпуск своей продукции за границей с сохранением полного контроля над произ-

водством, маркетингом, финансами и другими ключевыми функциями, многонациональные корпорации, которые владеют и управляют предприятиями в других странах) и *факторы международной среды* (экономика и госрегулирование, политическая обстановка).

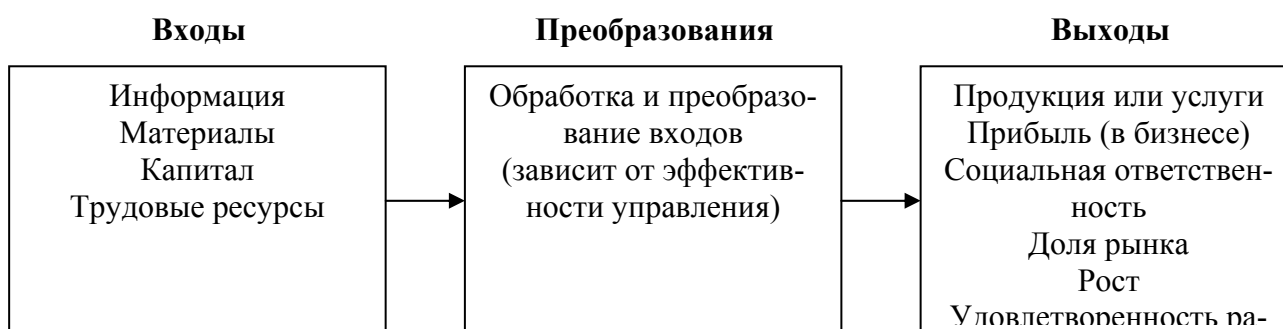


Рис. Модель организации как открытой системы

На входе организация получает из окружающей среды *информацию, капитал, человеческие ресурсы и материалы*. Эти компоненты называют **входами**. В процессе преобразования организация обрабатывает эти входы, преобразуя их в *продукцию или услуги*. Эти продукция и услуги являются **выходами** организации, которые она вносит в *окружающую среду*.

Если организация управления эффективна, то в ходе процесса преобразования образуется *добавочная стоимость входов*. В результате появляются многие *дополнительные выходы*, такие как *прибыль, увеличение доли рынка, увеличение объема продаж* (в бизнесе), *реализация социальной ответственности, удовлетворение работников, рост организации* и т.д.

4. Внутренние переменные – результаты управленческих решений. Основные переменные в организации, которые требуют внимания руководства, это: *цели, структура, задачи, технологии, люди*. Системный подход к управлению рассматривает организацию как совокупность взаимозависимых элементов, таких как *люди, структура, задачи и технологии*, которые ориентированы на достижение различных *целей* в условиях меняющейся внешней среды.

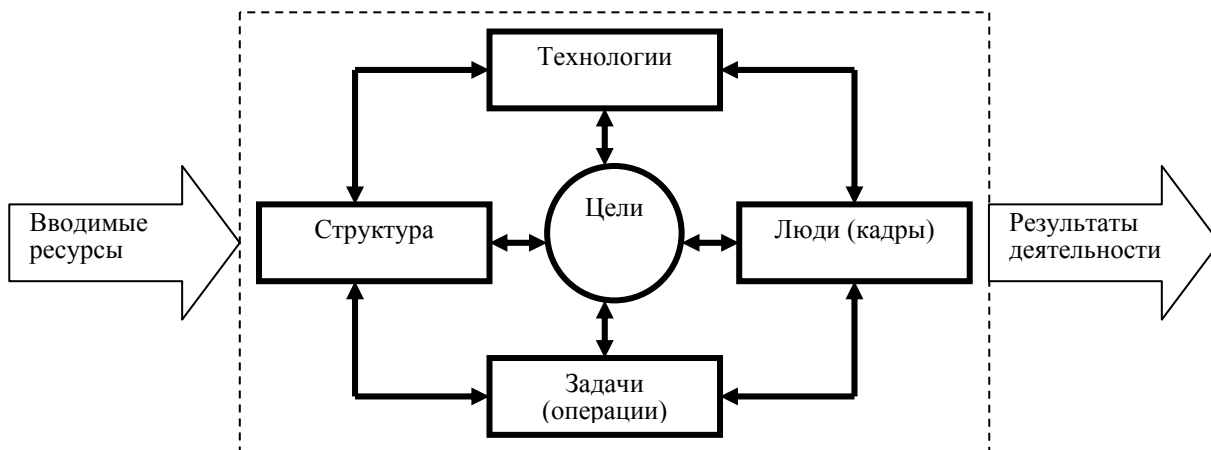


Рис. Взаимосвязь внутренних переменных организации

Цели вырабатываются руководством в ходе процесса планирования и сообщаются членам организации (процесс координирования).

Структура организации – это логические взаимоотношения уровней управления и функциональных областей, построенные в такой форме, которая позволяет наиболее эффективно достигать целей организации.

Задача – это предписанная работа, серия работ или часть работы, которая должна быть выполнена заранее установленным способом в заранее оговоренные сроки. С технической точки зрения, задачи предписываются не работнику, а его должности. Задачи организации традиционно делятся на три категории:

- работа с людьми,
- работа с предметами (машинами, сырьем, инструментами),
- работа с информацией.

Например, на обычном заводском конвейере работа людей состоит из работы с предметами. Задача мастера – это, в основном, работа с людьми. В тоже время, задачи казначея корпорации, в основном, связаны с информацией.

Технология – это средство преобразования сырья – будь то люди, информация или физические материалы – в искомые продукты и услуги. В более широком смысле *технология* – это сочетание *квалификационных навыков, оборуду-*

дования, инфраструктуры, инструментов и соответствующих *технических заданий*, необходимых для осуществления желаемых преобразований в *материалах, информации* или людях.

Задачи и технология тесно связаны между собой. Выполнение задачи включает использование конкретной технологии как средства преобразования материала, поступающего на входе, в форму, получаемую на выходе.

То есть наиболее значимым компонентом технологии является *процесс*, с помощью которого исходные материалы (сырье) преобразуются в желаемый на выходе продукт. По сути своей технология представляет способ, который позволяет осуществить такое преобразование.

5. Горизонтальное разделение труда – разделение большого объема работы на многочисленные небольшие специализированные задания.

В очень маленьких организациях горизонтальное разделение труда может не прослеживаться достаточно четко, например, когда владелец фирмы является ее управляющим и выполняет сразу несколько функций – маркетолога, бухгалтера и т.д.

Сложные организации осуществляют горизонтальное разделение труда за счет образования подразделений, выполняющих специфические задания и добивающиеся специфических целей.

6. Организация как сложная система характеризуется наличием **подсистем**.

7. Вертикальное разделение труда – необходимо для *координации* работы групп, как следствие горизонтального разделения труда. Вертикальное разделение труда образует *уровни управления*: стратегический (институциональный), тактический (функциональный), технический (операционный).



Рис. Два способа представления уровней управления

Форма пирамиды используется для того, чтобы показать, что на каждом последующем уровне управления находится меньше людей, чем на предыдущем.

Для того чтобы организация могла добиться реализации своих целей, задачи должны быть скоординированы посредством вертикального разделения труда. Т.е. организацией необходимо управлять.

Управление организацией

Определение управления

Управление – это 1) процесс (деятельность), направленный на достижение цели; 2) перевод системы из одного состояния в заданное или удержание в заданном.

Управление социально-экономическими системами получило название

менеджмент (от англ. management).

Подсистемы менеджмента

В зависимости от управляемого элемента, можно выделить следующие составные области менеджмента:

- Управление производством;
- Управление персоналом;
- Управление продажами;
- Финансовый менеджмент;
- Информационный менеджмент;
- Управление проектами;
- Управление качеством;
- Маркетинг;
- Стратегический менеджмент;
- Инновационный менеджмент;
- Управление инвестициями;
- Экологический менеджмент;
- Контроллинг и т.д.

Определение и функции менеджмента

В литературе встречаются следующие функции менеджмента: *планирование, организация, распорядительство (или командование), мотивация, руководство, контроль, коммуникация, исследование, оценка, принятие решений, подбор персонала, представительство и ведение переговоров или заключение сделок* и т.д.

Подход, основанный на объединении существенных видов управленческой деятельности в небольшое число категорий, которые можно считать при-

менимыми ко всем организациям, выделяет **четыре первичные функции менеджмента**: *планирование, организация, мотивация и контроль*, которые объединены **связующими процессами**: *коммуникации и принятия решения*.

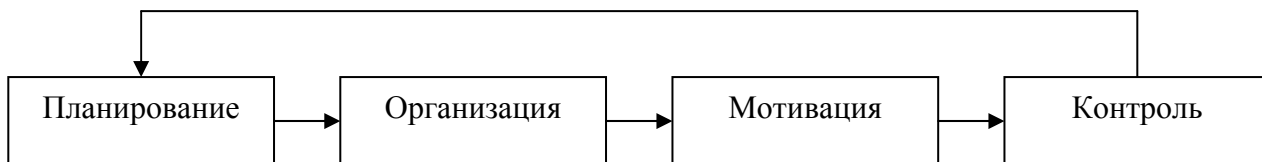


Рис. Взаимосвязь функций управления

Большинство экспертов в области управления определяют **менеджмент** как процесс планирования, организации, мотивации и контроля, необходимый для того, чтобы сформулировать и достичь целей организации.

Планирование – определение целей организации и того, что должны делать члены организации, чтобы достичь этих целей.

Функция планирования отвечает на три следующих основных вопроса:

1. Где мы находимся в настоящее время? – оценка сильных и слабых сторон организации в различных *областях менеджмента*.
2. Куда мы хотим двигаться? – оценка возможностей и угрозы из *окружающей среды*.
3. Как мы собираемся сделать это? – решение в общих чертах и конкретно, что должны делать члены организации, чтобы достичь целей.

Стратегическое планирование, отвечая на вопросы «что и для кого мы делаем», формирует миссию. **Миссия** – это роль, которую отводит себе организация в обществе. Миссия согласно ISO-15704 – это деятельность, осуществляемая предприятием для того, чтобы выполнить функцию, для которой оно было учреждено, – предоставления заказчикам продукта или услуги. Миссия является средством позиционирования организации в рыночной среде. Правильно сформулированная миссия – это механизм, с помощью которого предприятие достигает своих целей.

Организация означает создание некой структуры. Процесс организации

структурирует работу, конкретные задания и формирует подразделения, исходя из размера организации, ее целей, технологий и персонала. Известные типы организационных структур и принципы деления: функциональная – общие навыки и производственные задачи, процессная, дивизионная – общий продукт, программа или географическое расположение, матричная – комбинация функциональной и дивизионной, командная – формирование групп для выполнения специфических задач, сетевая – подразделения независимы и обеспечивают функции для центральной компании и т.д.

Мотивация. Задача функции мотивации заключается в том, чтобы члены организации выполняли работу в соответствии с делегированными им обязанностями и сообразуясь с планом.

Контроль – это процесс обеспечения того, что организация действительно достигает своих целей. Вот почему стрелки на рисунке, исходящие от контроля, идут к планированию.

Связующие процессы управления. Четыре функции управления – планирование, организация, мотивация и контроль – имеют две общие характеристики: все они требуют принятия решений, и для всех необходима коммуникация. Из-за того, что эти две характеристики связывают все четыре управленческие функции, коммуникации и принятие решений часто называют связующими процессами.

Принятие решений – это выбор того, как и что планировать, организовывать, мотивировать и контролировать.

Считая организацию инструментом управления, многие социологи и специалисты по теории управления, начиная с М. Вебера, прямо связывают её деятельность в первую очередь с подготовкой и реализацией управленческих решений. Эффективность управления во многом обусловлена качеством таких решений. Интерес социологов к этой проблеме обусловлен тем, что в решениях фиксируется вся совокупность отношений, возникающих в процессе трудовой деятельности и управления организацией. Через них преломляются цели, интересы, связи и нормы. Характеризуя полный цикл управленческой деятель-

ности, состоящий из целенолагания, планирования, организации, координации, контроля и корректировки целей, легко заметить, что он в конечном счёте представлен в виде двух элементов управления: подготовки и осуществления управленческих решений. Именно поэтому решения – центральный элемент управления и организации.

В социологической литературе существуют разнообразные точки зрения на то, какие решения, принимаемые человеком в организации, считать управленческими. Некоторые специалисты относят к таковым, например, решение о поступлении человека на работу, решение об увольнении с неё и т.п. оправданной представляется точка зрения, согласно которой к управленческим следует относить лишь те решения, которые затрагивают отношения в организации.

Управленческие решения, таким образом, всегда связаны с изменениями в организации, их инициатором обычно выступает должностное лицо или соответствующий орган, несущий полную ответственность за последствия контролируемых или реализуемых решений. Границы компетенции, в рамках которой он принимает решение, чётко обозначены в требованиях формальной структуры. Однако число лиц, привлекаемых к подготовке решения, значительно больше числа лиц, облеченных властью.

Подготовка управленческих решений в современных организациях нередко отделена от функции их принятия и предусматривает работу целого коллектива специалистов. В «классической» теории управления она, как правило, является функцией штабных служб. Процесс осуществления решения связан с реализацией специального плана, который представляет собой совокупность мероприятий, направленных на достижение целей и сроков их реализации. Разработка такого плана – прерогатива соответствующих служб в аппарате управления. Однако сегодня к его разработке привлекаются те, кто будет его реализовывать, то есть непосредственные исполнители.

Одним из важных факторов, влияющих на качество управленческих решений, является число ярусов в организации, увеличение которых ведёт к ис-

кажению информации при подготовке решения, искажению распоряжений, идущих от субъекта управления, увеличивает неповоротливость организации. Этот же фактор способствует запаздыванию информации, которую получает субъект решения. Это и обуславливает постоянное стремление сократить число ярусов управления (уровней) организации.

Не меньшее значение приобрела в теории организаций проблема рациональности принимаемых решений. Если первые теоретики социологии управления рассматривали подготовку решения как целиком рациональный процесс, то начиная с середины 50-х гг. распространение получил подход, согласно которому данный процесс считается ограниченно рациональным, ибо обусловлен социокультурными и человеческими факторами. Всё чаще при подготовке решений отмечается роль интуиции руководителя.

Необходимые организационные предпосылки для выполнения решения создаются уже в процессе его подготовки и принятия. В самом решении уже определяется, кто, что, когда, где, каким образом и с какой целью должен выполнять. Вместе с тем, процесс организации выполнения принятых решений имеет свои особенности и требует особых методов реализации. Этот процесс включает следующие этапы:

- составление организационного плана;
- доведение решения до исполнителей;
- контроль за ходом выполнения решения;
- внесение корректив.

Составление организационного плана работы по реализации принятого решения является первым и особо важным этапом процесса выполнения решения. В нем должно быть четко определено, кто, какими силами, какую часть работы и в какой промежуток времени выполняет. Часто для большей наглядности целесообразно оставлять план-график выполнения решения. В плане-графике выделяются основные этапы процесса реализации решения, сроки их выполнения и ответственные исполнители.

Для выполнения каждого этапа каждой группы работ подбирается необ-

ходимое число исполнителей соответствующих специальностей с учетом их квалификации и опыта. Готовый организационный план *доводится до исполнителей*. На этом этапе всегда необходима разъяснительная работа. Как правило, работник, хорошо понявший задание, значение принятого решения, а также последствия, всегда с большим вниманием и ответственностью выполняет порученную ему работу. На этом этапе необходимо обеспечить эффективное стимулирование труда. Это может быть и материальное стимулирование, и предоставление возможности работникам самим проявлять инициативу, разрабатывать соответствующие планы работ, расставлять исполнителей по участкам и т.п. Часто бывает, что для выполнения решения необходимо обучить работников новым методам и приемам работы. Тогда одновременно с разъяснительной должна проводиться и инструкторско-методическая работа. Важное место занимает также координация деятельности исполнителей, создание атмосферы сотрудничества и взаимопомощи в коллективе.

С началом реализации принятого управленческого решения начинается и осуществление *контроля за ходом его выполнения*. Однако любой контроль невозможен без точного детального учета работы по реализации решения. При этом используются различные виды учета: *статистический, бухгалтерский и оперативный*.

Процесс принятия и реализации решения состоит из следующих *этапов*: 1) подготовка (сбор информации и подготовка альтернатив); 2) непосредственно принятие решения (выбор одной из альтернатив); организация его реализации; 4) контроль выполнения; 5) анализ полученного результата; 6) коррекция. Само решение может принимать ряд форм и представлять: *стандартное решение*, при принятии которого существует фиксированный набор альтернатив; *бинарное решение* (да или нет); *многовариантное решение* (имеется очень широкий спектр альтернатив); *инновационное решение*, когда требуется предпринять действия, но нет приемлемых альтернатив. Наиболее распространенный тип решений – это *стандартное решение*. Аналитические шаги, необходимые для его принятия, применимы также и для остальных типов

решений. При принятии любого типа решений опыт менеджера включается с первого шага и используется в ходе всего этого процесса. Если в причинно-следственном анализе необходимо опасаться "любимых причин" менеджеров, то при принятии решений можно стать жертвой излюбленных альтернатив". В этом случае предпочтение "излюбленному варианту может исказить весь анализ и привести к заранее известному выбору.

Первый (подготовительный) этап принятия решения обычно состоит из следующих стадий:

- 1) постановка цели решения;
- 2) установление критериев решения;
- 3) ранжирование критериев;
- 4) сбор и анализ достоверной информации;
- 5) подготовка альтернатив;
- 6) сравнение альтернатив;
- 7) определение рисков;
- 8) оценка рисков.

На *первой стадии* главная задача состоит в правильной постановке цели решения. Любой процесс принятия решения должен начинаться с осознания необходимости его принятия. Важно, прежде всего, задаться вопросом о самом выборе, который предстоит сделать. Такие вопросы способствуют выполнению трех задач:

- 1) показать связь решения с необходимостью сделать выбор;
- 2) задают направление в поиске альтернатив;
- 3) исключают альтернативы, лежащие за пределами поставленной цели.

Стремясь обеспечить правильность постановки цели решения, менеджер должен ответить следующие вопросы:

- 1) какой выбор я пытаюсь сделать? Этот вопрос дает точку отсчета. Он будет уточнен двумя следующими вопросами;
- 2) почему это решение необходимо;
- 3) каким было последнее решение? Этот вопрос вытекает из концепции, что

все решения образуют некоторую цепь. Поэтому очень важно найти место данного решения в ней. Например, предположим, что цель решения заключается в выборе программы подготовки кадров для осуществления мероприятий по улучшению условий труда. Прежде чем поставить такую цель, необходимо ответить на вопрос: "Уверены ли мы, что улучшение условий труда разрешит проблему улучшения морального климата в коллективе?" Если это так, то возникает новый вопрос: "Убеждены ли мы, что требуется программа подготовки кадров?" Только ответив на эти вопросы, можно двигаться дальше, исходя из того, что предшествующие решения получены в результате серьезного анализа.

Вторая стадия связана с установлением критериев решения. Так как о решениях судят прежде всего по полученным результатам, то с их рассмотрения разумно и начать процесс выбора. Эти результаты именуются "критериями решения" и представляют собой основу фактически осуществляемого выбора. Руководителям важно четко представлять, чего они хотят достичь. Ключевой вопрос в данном случае таков: "Какие факторы следует учитывать, делая выбор?" Этот вопрос порождает ряд факторов, которые должны быть учтены при выборе решения. В ситуации группового принятия решения постановка такого вопроса предполагает, что лица, на деятельность которых должно повлиять данное решение, будут иметь возможность высказать свои предположения, требования.

На *третьей стадии* руководитель проводит разделение критериев по принципу их важности для организации. Критерии имеют различное значение. Например, одни критерии представляют собой обязательные ограничения, тогда как другие просто фиксируют желательные характеристики, чтобы принять достаточно эффективное решение, следует разделить критерии на жесткие ограничения и желательные характеристики, без которых можно было бы и обойтись. Затем важно проранжировать критерии, отнесенные к категории желательных. В принятии управленческих решений, конечно, неизбежны и компромиссы. Например, предпочтете ли вы более быстрой поставке более низкую

цену? Готовы ли вы пожертвовать скоростью ремонта ради лучшего качества обслуживания?

На *четвертой стадии* осуществляется выработка альтернатив. При обсуждении стандартных решений это не составляет проблемы. Например, при сравнении различных мест расположения нового пункта питания. При рассмотрении других типов решений, особенно новаторских, этот шаг более сложный.

Пятая стадия выделяется для сравнения выработанных на предыдущей стадии альтернатив. Квалифицированное принятие решений требует выработки ряда альтернатив, сравнивая их и выбора наилучшей. Иногда все варианты решения выглядят хорошими и ни одно не кажется преимущественным. Поэтому, чтобы сделать выбор, управленец нуждается в определенных средствах для сравнения альтернатив.

Рассмотрим некоторые из них. Так, прежде всего желательно начинать со *сбора информации об альтернативах*. Во многих случаях альтернативы первоначально описываются в очень общем виде, например: "Мы можем организовать выполнение всей этой работы на стороне" или "Мы можем нанять временных работников". Но для того, чтобы можно было сравнивать альтернативы, необходимо понять суть выбора, ответив, например, на такие вопросы: "Сколько будет стоить выполнение работы на стороне?", "Может ли она быть эффективно сделана на стороне?", "Когда работа будет закончена?" и др. Без достаточных данных об альтернативах вряд ли можно сравнить их относительные достоинства. Собранная информация поможет измерить степень удовлетворения требований по каждому из критериев. *Сбор данных* является спланированным процессом, а не произвольной реакцией на информацию по мере ее появления. После того как руководитель четко определит альтернативы, на первое место может выйти вопрос: "Как систематизировать и сравнить данные?" Здесь необходимо придерживаться следующего основополагающего принципа: "Всегда сопоставлять варианты решения с критериями, никогда не сравнивать один вариант решения с другим. Важно избежать "ослепления решениями", недуга,

поражающего тех руководителей, которые беспрерывно сопоставляют между собой альтернативы и в конце концов теряют из виду цели и конечные результаты принятия решения. На этой же стадии поиска эффективных решений может случиться так называемый аналитический "паралич". Он возникает тогда, когда сбор информации об альтернативах становится самоцелью. Принятие решения – это ведь процесс нахождения лучшего варианта, основанного на наилучшей и доступной информации. Между тем, вряд ли можно достичь такого положения, чтобы в наличии были все факты, данные, необходимые материалы для выработки решений. Процесс сопоставления альтернатив с критериями является попыткой помочь лицу, принимающему решение, сосредоточиться на ключевых источниках информации. Оба названных "недуга" принятия решений могут быть "излечены" концентрацией внимания преимущественно на критериях, а не на альтернативах. Критерий оценки последствий различных вариантов определяется обычно целью решений. При этом существует необходимость в измерении степени, до которой определенное событие способствует достижению цели. Для разрешения конфликтов нужна общая единица измерения последствий. Без нее нельзя, например, сравнить альтернативу, ведущую к минимизации затрат за перевозку товаров, с альтернативой, позволяющей минимизировать время доставки, чтобы сравнить последствия этих альтернатив, нужно чтобы они принадлежали к одному классу. Как перевести измерения по одной шкале (стоимость доставки), в последствия по другой шкале (время доставки) или измерить и те и другие по третьей шкале? Кроме того, мы должны знать, как соотнести приросты по разным шкалам. Применительно к экономике можно сказать, что, к сожалению, нельзя выразить все последствия в виде их влияния на издержки и прибыль, поэтому использование денег в качестве всеобщей единицы измерения может оказаться затруднительным

На *шестой стадии* определяется риск, которому может быть подвергнута фирма в случае выбора конкретной альтернативы. В предпринимательской деятельности выявление риска может варьировать от сложного вероятного анализа в моделях исследования операций до чисто интуитивных догадок, ко-

которые можно представить вопросами типа: "Как вы думаете, что они (покупатели или же производители-конкуренты) предпримут, когда мы объявим о повышении цен?" нас интересует рабочий инструмент менеджеров, которым можно пользоваться быстро и эффективно и который не требует сложного математического аппарата. Чтобы правильно определить область риска, следует рассматривать альтернативы поочередно и пытаться предсказать трудности, с которыми можно столкнуться в случае реализации каждой из них. Отклонения, связанные с принятием одной альтернативы, как правило, не имеют ничего общего с возможными отклонениями в случае реализации других альтернатив.

На *седьмой стадии* разрабатывающий решение делает оценку риска. Знать о существовании риска важно, но недостаточно. Необходимо определить его значимость. При оценке риска учитываются такие факторы, как вероятность и серьезность. При помощи фактора вероятности формируется суждение о том, что то или иное событие действительно произойдет. Фактор серьезности позволяет сформировать суждение о степени влияния события на ситуацию, если оно произойдет.

На *восьмой стадии* принимается решение. Количественные показатели степени риска помогают принять обоснованное решение. Ведь эти данные позволяют сравнивать показатели эффективности альтернатив. Следует отметить, что показатели степени риска прямо не связаны между собой, пока нет такой формулы, которая позволила бы их сравнить. Поэтому следует поставить вопрос: "Стоит ли дополнительная эффективность, которую можно получить, того риска, на который я иду?" Обычно руководители не стремятся минимизировать риск, а идут на риск приемлемый и контролируемый. Делая выбор, руководитель анализирует, взвешивает целый ряд суждений. Очень важно эти суждения четко рассортировать. Ведь решение, которое нужно принять, основывается на определенной сумме оценочных суждений. Однако встречаются в практике и неоднозначные (двойные) решения, которые именуются *бинарными*. В бинарном решении представлены две диаметрально противоположные альтернативы. Обычно это конкурирующие альтернативы, которые вынуждают

делать выбор "да/нет", "или/или". Эти решения отличаются высокой степенью неопределенности. Краткий характер альтернатив заставляет тех, кто принимает решение, занимать полярно противоположные позиции, что зачастую парализует выбор. Бинарное решение отражает неестественное положение вещей. Эта неестественность вызывается ограничениями, накладываемыми на выбор. Ограничения типа "да или нет", "делать или не делать" резко сужают возможности выбора. Поэтому очень не многие решения следует представлять в таком виде. Большинство бинарных ситуаций возникает в результате того, что не проводится серьезный и углубленный анализ проблемы. *К причинам возникновения бинарных ситуаций* относятся следующие:

- 1) переадресовывание принятия решений вышестоящим руководителям. Подчиненные, поставщики или другие лица, которые хотят повлиять на решение, зачастую представляют его на рассмотрение в бинарной форме. Такая попытка, преднамеренная или непреднамеренная, направлена на то, чтобы вынудить к выбору, отвечающему интересам конкурента.
- 2) поверхностный анализ проблемы. Задавать вопросы о том, существуют ли различные пути достижения одних и тех же целей, во многих организациях не считается приемлемым типом поведения. В результате бинарное решение становится образом жизни.
- 3) нехватка времени для выработки оптимальных решений. Под давлением дефицита времени зачастую быстрее просто выбрать курс действий, нежели установить обоснованность самой постановки проблемы, подлежащей решению. Готовность и способность принимать на себя ответственность за то, чтобы сказать "да" или "нет", культивируется и поощряется во многих фирмах. Следует предостеречь, что поощрение решительности может привести к отождествлению ее с самим принятием решений. В этих условиях серьезный анализ фактов начинает восприниматься как неповоротливость и перестраховка. И тогда бинарное решение становится общепризнанным и решающим критерием оценки эффективности менеджера.

- 4) оправданность бинарных решений в некоторых случаях. Есть ситуации, в которых руководитель, рассматривает цепь решений, доходит до самого конкретного уровня: да или нет. Такая ситуация обычно складывается как результат последовательности сознательно принятых решений и является собой заключительное решение в этой цепи. Примером обоснованной бинарной ситуации может служить решение типа "изготовить или купить", особенно тогда, когда источник снабжения только один.

При принятии *многовариантного решения* первые два шага соответствуют стандартному процессу решения. Это постановка цели решения и установление критериев, которые должны использоваться при его принятии. Критерии следует далее разделить на ограничения и желательные характеристики, а последние проранжировать по их относительной ценности. Но важно при этом учитывать то, что в данном случае использовать критерии для определения относительной ценности альтернатив на основе их взаимного сравнения невозможно, так как трудности сравнения, скажем, пятидесяти и более альтернатив практически непреодолимы. Поэтому список критериев необходимо преобразовать в абсолютную шкалу измерения, что позволит каждую альтернативу оценивать саму по себе и сделать более правильный выбор.

В случаях, когда ни одна из известных альтернатив не представляется подходящей, можно использовать *метод оптимизации критериев*. Главная идея данного метода состоит в предположении, что комбинирование лучших черт известных альтернатив может привести к более эффективному решению. Эта процедура применяется для того, чтобы помочь принять решение в ситуациях, где традиционные методы выработки альтернатив не дают или же не могут дать приемлемых результатов. *Первый шаг* в применении *метода оптимизации критериев* – это составление полного перечня желаемых конечных результатов, то есть критериев. Поскольку альтернатив пока нет и оценивать нечего, их называют "критериями для конструирования". *Критерии для конструирования альтернатив* создают стимулы и задают направления для творческого выдвижения идей. На *втором шаге* берется по очереди каждый критерий

и конструируются "идеальные" решения по достижению конечного желаемого результата. В этот момент не оценивается никакая альтернатива. В данный момент руководствуются следующим суждением: "Как может выглядеть альтернатива, которая идеально отвечает данному критерию?" Такой процесс повторяется для каждого критерия до тех пор, пока не будут определены оптимальные критерии (идеи). Именно на этой стадии выработки решений на основе критериев и требуются новаторские идеи. Лучше всего это достигается "*мозговой атакой*" или другой формой группового творчества. Здесь особенно важно следовать изложенным выше основным принципам организации инновационной деятельности. Свобода выработки идей повышает вероятность выдвижения компонентов, которые войдут в окончательное инновационное решение. После того, как составлен список оптимальных идей по каждому из критериев в отдельности, важно оценить их и попытаться сконструировать на их основе комбинированную, комплексную альтернативу. Приступая к комбинированию оптимальных идей по отдельным критериям в окончательную альтернативу, необходимо в первую очередь проверить их на взаимную совместимость. На этой стадии ключевую роль играет компетентное суждение руководителя. Ибо если идеи по двум критериям противоречат друг другу, то необходимо определить, какую из них включить в комбинированный вариант. *Следующий шаг* – это сравнение каждой из оптимальных идей на предмет их взаимной поддержки. Они могут оказаться естественными комбинациями, которые взаимно усиливают, дополняют друг друга. Такие комбинации-элементы должны немедленно связываться и использоваться в качестве основы для будущей окончательной альтернативы. Конечным результатом всей этой работы должна стать такая комбинация идей, которая превратилась бы в эффективную новаторскую "*синергическую альтернативу*". *Синергической альтернативой* называется такая комбинация идей, совокупный эффект которой превышает простую сумму эффектов этих идей, взятых в отдельности.

Если *метод оптимизации критериев* позволил получить несколько альтернатив, то принимающий решения может обратиться к стандартной процеду-

ре принятия решений и сравнить эти альтернативы. Когда же применяемый метод оптимизации критериев даст только одну альтернативу, то исходные критерии для конструирования превращаются в инструмент ее оценки.

Несмотря на очевидность различий понятий "симптомы", "причины", "следствия", в практике управленческой деятельности довольно часто они подменяются друг другом, что приводит не к решению проблем, а их усугублению и тиражированию. Решение выявленной проблемы предполагает установление причинно-следственной цепи, иерархию причин и следствий, которая ведет "назад" от следствия к причине до той точки, в которой можно предпринять действие, помогающее устранить исходные причины. Сложность и важность анализа при использовании процедуры причинной цепи заключается в необходимости постоянно фиксировать местоположение фактов, концептуальных суждений в причинной цепи. Ясно и четко определить проблему – означает уже начать ее решение. Метод оптимизации критериев помогает руководителям успешно конструировать альтернативы для принятия решения и последующей его реализации в практике предпринимательства.

Реализация решения. Рано или поздно руководители должны переходить от анализа происшедших событий к действию. В идеале, если действие мотивировано правильным анализом проблемы, поиск причин сужается до такой точки, когда можно с уверенностью приступить к решению проблемы. Важно, однако, помнить, что все действия мотивируются необходимостью реагировать на возникшую проблему. Опытные управленцы постоянно предпринимают действия по улучшению ситуации, повышают требования к работе и предотвращают возникновение проблем, которые могут угрожать срывом выполнения текущих планов. Находясь в настоящем времени, руководитель выбирает действия (альтернативы), которые могут часто реализоваться в будущем. Проблема состоит в том, что иногда приходится даже сравнивать относительные последствия альтернатив, не имея обоснованных данных. Нельзя знать точно, что случится при выборе другой альтернативы. Управленец должен рассмот-

реть альтернативы, уверенно занять позицию и заявить, что, скажем, альтернатива А будет лучше отвечать поставленным целям, чем альтернатива В или С. Однако это сложный процесс продвижения к истине.

Существующая *неопределенность* в процессе принятия решений может создавать ряд ситуаций, при которых не исключается смешение понятий "решительность" и "принятие решений". На многих предприятиях управляющих оценивают и вознаграждают за то, насколько быстро и уверенно они принимают решения. Неопределенность в этом случае рассматривается как признак слабости. От менеджеров ожидается стремительность и решительность суждений и высоко оценивается их готовность осуществлять решения, не взирая на трудности. Теоретически это правильно, но на практике это не всегда лучший вариант действия.¹ В теории управления *решительность* рассматривается как способность принять решение и превратить его в жизнь. А принятие решения – это способность осуществить анализ важнейшей информации и сделать оптимальный выбор. Важно правильно сочетать обе эти способности. Парализовать себя нескончаемым анализом так же нежелательно, как и принимать решения по капризу, спонтанно.

Контроль исполнения управленческих решений. Каждому руководителю приходится контролировать ход выполнения множества управленческих решений на различных уровнях управления. Поэтому важным является выбор форм контроля. Руководитель более высокого уровня должен уметь выбрать ряд главных обобщающих критериев, с помощью которых он. Не затрачивая много времени и сил, сможет с достаточной степенью точности оценивать степень реализации управленческого решения. Если же руководитель попытается контролировать ход работ, вникая во все детали, во все мелочи, он будет завален информацией, среди которой трудно найти главную. Поскольку вся власть и ответственность за функции контроля над отношениями закреплены за одним лицом (руководителем), а он физически не в состоянии осуществлять его в полном объеме, руководитель вынужден делегировать часть своих полномочий

подчинённым. Именно это и формирует вертикальные (линейные) иерархические структуры. Специализация управленческих функций и формы их координации порождают жёсткий рисунок функциональной структуры современной организации. В созданной таким образом управленческой иерархии каждый работник имеет собственного руководителя и все, кроме рядовых исполнителей, имеют подчинённых. Отсюда вытекает специфика двойственной формальной позиции любого руководителя, которая накладывает существенный отпечаток на образ его поведения.

Хорошо организованный контроль представляет собой *обратную связь*, без которой немислим процесс управления. Поэтому в аппаратах управления сейчас начинают создавать особые организационно-аналитические подразделения, одной из функций которых является осуществление контроля за выполнением принятых решений, приказов, постановлений, распоряжений. В процессе реализации принятого решения могут происходить резкие изменения в обстановке, вызванные внешними причинами, выявившимися ошибками, просчётами как в самом решении, так и в организации его выполнения. В этих случаях появляется потребность либо в изменении принятого решения (по срокам, исполнителям, содержанию некоторых задач), либо в принятии нового решения. Поэтому в процессе принятия и реализации решений следует предусмотреть порядок внесения необходимых изменений. Особенно это относится к решениям, которые принимаются в условиях неопределённости, что очень характерно для деятельности органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям. Не всегда необходимость в корректировке хода выполнения решения связана с ухудшением обстановки. В ходе реализации решения могут открываться новые возможности, которые позволят добиться лучших результатов.

Реализация решения, независимо от результатов, должна всегда заканчиваться *подведением итогов*. При подведении итогов следует проанализировать все этапы работ по выполнению решения, все успехи, ошибки, срывы. Подведение итогов даёт информацию о достижении поставленной цели, соблюдении установленных сроков, достижении запланированных и побочных результатов,

о деятельности исполнителей и т.п. Обязательной подведение итогов реализации решения имеет большое воспитательное значение. Коллективы и непосредственные исполнители должны знать, каких результатов они добились, как работали, какова социальная, экономическая, политическая оценка их труда. С точки зрения управления подведение итогов реализации решения – это изучение достижений и ошибок, приобретение или совершенствование опыта решения аналогичных ситуаций и проблем, приобретение опыта использования новых методов.

Принципы процесса принятия управленческих решений. В основе процесса принятия управленческих решений лежит четыре основных принципа, игнорирование которых (полное или частичное) может привести к ошибочным решениям и неудовлетворительным результатам. Соблюдение же этих принципов дает возможность принимать качественные решения на всех уровнях организации.

Первый принцип – это принцип организационного соответствия. Форма организации должна быть приспособлена к бесперебойному осуществлению связей, что облегчает как процесс принятия решений, так и контроль за их выполнением. Нельзя не учитывать и того факта, что полномочия и ответственность все больше переходят "из рук в руки". Только возлагая на руководителей ответственность за результаты их решений можно подготовить лучшие руководящие кадры.

Второй принцип: политика, стратегия и цели должны быть настолько четко сформулированы, чтобы они позволяли принимать решения общего характера, касающихся новых видов деятельности, выходящей за пределы сегодняшних потребностей.

Третий принцип требует иметь достаточное количество надежных данных об изменяющейся обстановке, необходимых для поддержания эффективных связей между руководителями высшего уровня и более низкими уровнями функционирующих подразделений организации. Чрезвычайно важно производить отбор имеющихся данных таким образом, чтобы руководители высшего

уровня имели в своем распоряжении только те факты, которые им действительно нужны, и не были перегружены не относящимся к делу фактическим материалом.

Четвертый принцип предусматривает *гибкость*, без которой могут остаться неиспользованными бесчисленные возможности.

В идеальных условиях (наличие точных критериев, ясных целей и полной информации) потребность в ЛПР была бы невелика, а ЭВМ смогла бы ответить на любой вопрос. К сожалению, мы живем далеко не в идеальном мире, и постоянно существует потребность в квалифицированных менеджерах, определяющих оптимальные направления действий организации. По своей природе перечисленные принципы являются универсальными и их необходимо придерживаться в управленческой и предпринимательской деятельности. Также руководители часто вынуждены принимать решения, которые сопряжены с определенными обязательствами и необходимостью претворять их в жизнь, когда принятое решение трудно изменить. Процедура анализа по поводу альтернатив при принятии решений отличается от процедуры при *причинно-следственном анализе*.

Факторы, влияющие на процесс принятия управленческих решений.

При принятии решений необходимо учитывать целый ряд разнообразных факторов. Здесь описываются лишь некоторые важнейшие моменты, от которых непосредственно зависит, как принимаются решения и насколько эффективными они будут. Рассматриваются *личностные оценки руководителя, уровень риска, время и изменяющееся окружение, информационные и поведенческие ограничения, отрицательные последствия и взаимозависимость решений*.

Личностные оценки руководителя. Личностные оценки содержат субъективное ранжирование важности, качества или блага. В отношении принятия решений оценки выступают в качестве компаса, указывающего человеку желательное направление, когда приходится выбирать между альтернативами действий. В ходе рассмотрения социальной ответственности и

этики мы привели несколько примеров решений, принятых руководителями, которые отражают ценности этих людей в том, что касается добра и зла, порядочности. Важно подчеркнуть, что все управленческие решения, а не только связанные с вопросами социальной ответственности и этики, построены на фундаменте чьей-то системы ценностей. Каждый человек обладает своей системой ценностей, которая определяет его действия и влияет на принимаемые решения. Например, вы можете считать неправильным придергивать информацию, с помощью которой коллега мог бы улучшить проект, над которым он трудится. Несмотря даже на то, что этот работник может быть вашим главным конкурентом на пути должностного продвижения, ценность, которую вы придаете лояльности и открытости, заставляет вас принять решение о передаче информации коллеге. С другой стороны, вы можете решить уволить работника, который все время работает плохо. Хотя вы придаете большое значение лояльности, ваше представление о равенстве подсказывает, что нужно уволить плохого работника, потому что он не дает организации столько же, сколько другие. Исследования подтверждают, что ценностные ориентации влияют на способ, которым принимаются решения. Одно из первых исследований, посвященных ценностям американских управляющих, показало – в их системе ценностей замечен явный перекося в сторону экономики, политики и науки в противовес социальным, религиозным и эстетическим аспектам, согласно исследованию Джоржа Ингланда, руководитель, ставящий на первое место максимизацию прибыли, скорее всего не вложит средств в реконструкцию кафетерия и комнат отдыха рабочих. Руководитель, для которого главное – сострадание к людям, скорее пойдет на справедливое повышение заработной платы, чем на ее сокращение ради высвобождения средств на финансирование научно-исследовательских проектов.

Немаловажное значение имеют культурные различия, хотя, как можно ожидать, существует сходство ценностных ориентаций управляющих из разных стран. Например, австралийские руководители предпочитают "мягкий"

подход к управлению и уделяют значительное внимание своим подчиненным; южнокорейские больше значения придают силе и плохо воспринимают проблемы других; японские демонстрируют уважение к вышестоящим и отличаются высокой преданностью компании. Некоторые организации используют формальные декларации о корпоративных ценностях, чтобы решения, принимаемые руководителями, и действия всех работников организации отражали общую систему ценностей. Организации, провозгласившие декларации о ценностях, доводят до сведения людей ожидание таких ценностей, посредством разнообразных форм обучения.

Помимо различий личностных оценок типичным затруднением при определении оптимальных альтернатив является среда, в которой принимают решения.

Среда принятия решения. При принятии управленческих решений всегда важно учитывать риск. Понятие "риск" используется здесь не в смысле опасности. Риск скорее относится к уровню определенности, с которой можно прогнозировать результат. В ходе оценки альтернатив и принятия решений руководитель должен прогнозировать возможные результаты в разных обстоятельствах или состояниях природы. По сути дела, решения принимаются в разных обстоятельствах по отношению к риску. Эти обстоятельства традиционно классифицируются как *условия определенности, риска или неопределенности*.

Определенность. Решение принимается в условиях определенности, когда руководитель в точности знает результат каждого из альтернативных вариантов выбора. Примером определенного решения может быть вложение избыточной наличности в 10%-е депозитные сертификаты. Руководитель знает, что за исключением возникновения крайне маловероятных чрезвычайных обстоятельств, вследствие чего федеральное правительство не сможет выполнить свои обязательства, организация получит ровно 10% на вложенные средства. Подобным образом руководитель может, по меньшей мере на ближайшую перспективу, точно установить какими будут затраты на производство определен-

ного изделия, поскольку арендная плата, стоимость материалов и рабочей силы известны или могут быть рассчитаны с высокой точностью. Сравнительно немногие организационные и персональные решения принимаются в условиях определенности. Однако они имеют место и зачастую элементы более крупных решений можно рассматривать как определенные. Авторы и исследователи экономико-математических методов называют ситуации с наличием определенности *детерминистскими*.

Риск. К решениям, принимаемым в условиях *риска*, относятся такие, результаты которых не являются определенными, но *вероятность* каждого результата известна. Вероятность определяется как степень возможности свершения данного события и изменяется от 0 до 1. Сумма вероятностей всех альтернатив должна быть равна единице. В условиях определенности существует лишь одна альтернатива. Наиболее желательный способ определения вероятности – *объективность*. Вероятность *объективна*, когда ее можно определить математическими методами или путем статистического анализа накопленного опыта. Пример объективной вероятности заключается в том, например, что монета ложится вверх "решкой" в 50% случаев. Другой пример – прогнозирование уровня смертности населения компаниями, занимающимися страхованием жизни. Поскольку все население служит базой эксперимента (опыта), страховые актуарии могут с высокой точностью предсказать, какой процент людей определенного возраста умрет в этом, следующем и т.д. годах. По этим данным они определяют, сколько страховых взносов они должны получить, чтобы оплатить заявления о выплате страхового вознаграждения и тем не менее иметь прибыль. Руководство обязано учитывать уровень риска в качестве важнейшего фактора. Вероятность будет определена объективно, если поступит достаточно информации для того, чтобы прогноз оказался статистически достоверным. Кроме того, вероятность достоверна только как средняя величина и в долгосрочной перспективе. Монета может лечь "орлом" вверх 10, 20 и большее число раз в серии. Так, если страховая компания, имеющая полисы на 50 тыс. автомобилей, в состоянии предсказать убытки от аварий с высокой точно-

стью, опираясь на статистические средние данные, руководитель не сможет этого сделать. Во многих случаях организация не располагает достаточной информацией для объективной оценки вероятности, однако, опыт руководства подсказывает, что именно может скорее всего случиться с высокой достоверностью. В такой ситуации руководитель может использовать суждение о возможности свершения альтернатив с той или иной *субъективной* или *предполагаемой вероятностью*.

Неопределенность. Решение принимается в условиях неопределенности, когда невозможно оценить вероятность потенциальных результатов. Это должно иметь место, когда требующие учета факторы настолько новы и сложны, что насчет них невозможно получить достаточно релевантной информации. В итоге вероятность определенного последствия невозможно предсказать с достаточной степенью достоверности. Неопределенность характерна для некоторых решений, которые приходится принимать в быстро меняющихся обстоятельствах. Наивысшим потенциалом неопределенности обладает социокультурная, политическая и наукоемкая среда. Однако на практике очень многие управленческие решения приходится принимать в условиях полной неопределенности. Сталкиваясь с неопределенностью, руководитель может использовать две основные возможности. Во-первых, попытаться получить дополнительную релевантную информацию и еще раз проанализировать проблему. Этим часто удастся уменьшить новизну и сложность проблемы. Руководитель сочетает эту дополнительную информацию и анализ с накопленным опытом, способностью к суждению или интуицией, чтобы придать ряду результатов субъективную или предполагаемую вероятность. Ниже, при рассмотрении метода экспертных оценок, описан интересный новый подход к получению дополнительной информации в частично неопределенных ситуациях. Вторая возможность – действовать в точном соответствии с прошлым опытом, суждениями или интуицией и сделать предположение о вероятности событий. Это необходимо, когда не хватает времени на сбор дополнительной информации или затраты на нее чересчур высоки. Временные и информационные ограниче-

ния имеют важнейшее значение при принятии управленческих решений.

Время и изменяющаяся среда. Ход времени обычно обуславливает изменения ситуации. Если они значительны, ситуация может преобразиться настолько, что критерии для принятия решения станут недействительными. Поэтому решения следует принимать и воплощать в жизнь, пока информация и допущения, на которых основаны решения, остаются релевантными и точными, часто это затруднительно поскольку время между принятием решения и началом действия велико. Подобным образом следует учитывать вероятность опережения решением своего времени.

Информационные ограничения. Информация необходима для рационального решения проблем. Иногда необходимая для принятия хорошего решения информация недоступна или стоит слишком дорого.

Поведенческие ограничения. Многие из факторов, затрудняющих межличностные и внутриорганизационные коммуникации, влияют на принятие решений. Например, руководители часто по-разному воспринимают существование и серьезность проблемы. Они могут также по-разному воспринимать ограничения и альтернативы. Это ведет к несогласию и конфликтам в процессе принятия решения. Руководители могут быть настолько перегружены информацией и текущей работой, что будут не в состоянии воспринять открывающиеся возможности. Послужной список каждого может показать, как они воспринимают и реагируют на проблемы. Согласно одному исследованию, руководители дают разное определение одной и той же проблемы в зависимости от отделов, которые возглавляют. Руководитель может чувствовать, что вышестоящий начальник будет раздражен, если ему сообщить о реальной или потенциальной проблеме. Как указано выше, от способа обмена руководителем с подчиненными информацией в значительной мере зависит поведение последних. Подобным образом может иметь место точка зрения, по которой "проблемы – это плохо", ибо гораздо важнее "хорошо выглядеть". Люди могут усваивать такую позицию от своих коллег. Руководитель может отвергнуть тот или иной курс в силу личных

пристрастий или лояльности по отношению к кому-то. Он может решить не прекращать сомнительные инвестиции или проект, поскольку поддерживал их на протяжении долгого времени. В результате ему будет трудно объективно оценить текущее состояние освоения капиталовложений или проекта. Подобным образом, менеджер может решить поддержать или не поддержать определенный проект, поскольку руководитель этого проекта ранее не поддержал выдвинутый менеджером проект. Короче говоря, установлено, что многочисленные психологические факторы и личностные особенности сказываются на процессе принятия решений.

Негативные последствия. Принятие управленческих решений во многих отношениях являются искусством нахождения эффективного компромисса. Выигрыш в одном почти всегда достигается в ущерб другому. Решение в пользу продукции более высокого качества влечет за собой рост издержек; некоторые потребители будут довольны, другие перейдут на менее дорогостоящий аналог. Установка автоматической производственной линии может снизить общие издержки, но одновременно привести к увольнению лояльных рабочих. Упрощение технологии может позволить фирме использовать неквалифицированных рабочих. В тоже время упрощенная работа может оказаться настолько утомительной, что рабочие разочаруются, вследствие чего, как можно ожидать, возрастут прогулы и текучесть кадров и, возможно, снизится производительность. Подобные негативные последствия необходимо учитывать, принимая решения. Проблема процесса принятия решений состоит в сопоставлении минусов с плюсами в целях получения наибольшего общего выигрыша. Часто руководителю приходится выносить субъективное суждение о том, какие негативные побочные эффекты допустимы при условии достижения желаемого конечного результата. Однако некоторые негативные последствия никоим образом не могут быть приемлемыми для руководителей организации. Пример: нарушение закона или этических норм. В подобных случаях, когда выбираются критерии для принятия решения, негативные последствия следует трактовать как

ограничения.

Взаимозависимость решений. В организации все решения некоторым образом взаимосвязаны. Единичное важное решение почти наверняка может потребовать сотен решений менее значительных. Если, к примеру, организация решает перевести штаб-квартиру в другой штат, она должна также принять решения о том, как компенсировать перемещение работникам, кто определит – покупать или не покупать новую мебель, кого нанимать на новые должности и вакансии в результате перебазирования, заставят ли законы о налогообложении в другом штате менять процедуры бухгалтерского учета и т.п. Крупные решения имеют последствия для организации в целом, а не только для сегмента, непосредственно затрагиваемого тем или иным решением. Способность видеть, как встраиваются и взаимодействуют решения в системе управления, становится все более важной по мере продвижения по службе. Руководители, находящиеся на нижних уровнях иерархии, но проявляющие способность разглядеть взаимозависимость решений, т.е. видеть "всю картину", зачастую и становятся кандидатами на повышение.

Основным требованием для принятия эффективного решения является наличие информации. Единственным способом получения информации является *коммуникация*. С одной стороны, **коммуникация** – это информация, передаваемая в процессе общения, с другой стороны – это процесс обмена информацией, ее смысловым значением между двумя или более людьми.

Коммуникация необходима для того чтобы: 1) договориться об общей цели, 2) принять правильные решения, 3) сделать решения понятными для исполнителей, 4) мотивировать исполнителей на выполнение решений и 4) правильно оценить, были ли достигнуты цели организации.

Доступ огромному объему информации затрудняет нахождение нужных и относящихся к делу сведений. Сокращение времени передачи информации означает также, что у ЛПР остается все меньше времени на ее анализ. Поэтому производительность в области коммуникаций заключается не в повышении

объема информации, а в улучшении ее качества. Таким образом, функционирование организации, как структурированного типа отношений между людьми, зависит от качества коммуникаций.

При принятии решений возрастает доля качественной информации, представляющей и обосновывающей различные точки зрения на процесс решения задачи – экспертных знаний и заключений (ЭЗЗ). ЭЗЗ, выработанные квалифицированными специалистами – производственниками, а также научными работниками, применяются для решения задач размещения инвестиций, оптимизации объектов и процессов, прогноза сложных экономических и технологических ситуаций и т.п.

Высокий уровень производственных помех, нестабильный характер работы промышленных объектов, колебания характеристик сырья, энергоресурсов обуславливают размытый, нечеткий характер информации, описывающей данные явления. В сложных технологических процессах и объектах содержатся зоны, труднодоступные для объективного контроля существующими измерительными средствами. В таких зонах для изображения картины протекания процессов широко используется качественная информация, представляемая в виде ЭЗЗ. Большой удельный вес качественная информация занимает и в уже существующем киберпространстве – искусственной среде созданных глобальных компьютерных сетей. Доля финансовых и материальных затрат, направленных на оперативное получение информации, в том числе ЭЗЗ, стремительно возрастает, и в связи с этим приобретает существенное значение оценка качества данной информационной продукции.

Субъект управления

В процессе подготовки и принятия решения участвуют следующие типы работников:

- системные аналитики;
- руководители;

- эксперты по определенным проблемам.

В процессе решения можно выделить следующие основные функции руководителя:

- 2) управлять процессом выработки решения;
- 3) выдвигать задачу для решения, участвует в ее конкретизации и выборе оценочных критериев. Умение правильно определить и поставить задачу в чрезвычайно сложной и противоречивой ситуации является существенной обязанностью руководителя, главной творческой частью его работы;
- 4) выполнять сложную работу по самому принятию решения;
- 5) организовать выполнение решения, возглавляя работы на этапе реализации принятого решения.

Системные аналитики должны владеть в полном объеме современными методами анализа; руководители должны владеть системным подходом к принятию решений и иметь общее представление о методах и средствах используемых в процессе подготовки и принятия решения. Опыт учит, что руководитель, не понимающий в общих чертах логику исследования, не верит рекомендациям системных аналитиков.

Выработка решения осуществляется совместно руководителем и системными аналитиками. Одна из важнейших задач *системных аналитиков* состоит в оказании помощи *руководителю* при выявлении *цели* его деятельности по принятию решения – каковы они есть или какими должны быть. Процесс выявления целей может носить итеративный характер. *Системный аналитик*, исходя из имеющихся директивных материалов, данных прогнозов, мнении отдельных специалистов и др., составляет список всех возможных целей, которые первоначально не обязательно должны быть точными и полными, и проводит их систематизацию.

Затем представляет эти данные *руководителю*. При этом может оказаться, что предложения *системного аналитика* руководителя не устраивают. Обмен мнениями помогает уточнить старые и выявить новые цели. *Системные аналитики* помогают правильно наметить подходы к определению цели, более

качественно провести процесс их выявления, применяя определенные логические принципы, вводя, где это возможно, количественные методы оценки. *Системными аналитиками* выявляются и первоначально оцениваются альтернативы решений проблемы. Они расчлняют проблему таким образом, чтобы были видны все причинно-следственные связи, определяют тенденции в изменении поведения экономических объектов в будущем, осуществляют выбор альтернатив и критериев, проводят необходимые расчеты и т.д.

Крайне важно, чтобы проблемы, подлежащие решению, выявлялись при участии лиц, заинтересованных в их решении, т.е. самих руководителей. Когда же в постановке проблем и выборе способов их решения принимают участие только системные аналитики, то результаты их работы часто не находят признания у руководителей.

Большинство руководителей в процессе совместной работы с системными аналитиками над постановкой задачи обнаруживают такие проблемы и возможности, о существовании которых им ранее не было известно и которые стали очевидными только в процессе этой работы.

Вовлечение руководителей в аналитическое исследование проблем является важным фактором успеха. Участие руководителя в формировании критериев, определении и ранжировании целей решающим образом сказывается на внедрении результатов. В 80% случаев разработки, выполненные с привлечением руководителя, находят практическое применение. Это в два раза превышает значение показателя внедрения разработок без их участия.

Такая форма сотрудничества несет в себе выигрыш двоякого рода. С одной стороны, проблемы ставятся в адекватном для нужд управления виде, с другой – руководитель, принимая участие в формализации конкретной управленческой ситуации, имеет ясное представление о границах выводов системных аналитиков и о том, как полученные результаты помогут ему более обоснованно принять решение.

Ясное, логически стройное, по возможности математическая постановка задач, которой добивается системный аналитик, может в глазах руководителя

казаться плохо приспособленной к сфере его деятельности, недостижимой с точки зрения его сведений по возможности количественных методов и , что самое важное, не нужной.

Со своей стороны, системный аналитик склонен недооценивать роли интуиции и прошлого опыта. Это во многом обусловлено тем, что традиции научного общения приучили его заострять внимание скорее на выборе и применении методов обосновании решения, нежели на целесообразности и эффективности их использования.

Руководитель должен принимать решение, опираясь на точные, проверенные данные, на детально проработанные системными аналитиками вариантами, в многообразии которых оптимальный вариант редко можно обнаружить с первого взгляда. А интуиция руководителя используется лишь в дополнение, но не как замена результатов, подготовленных системными аналитиками.

Системные аналитики рассматривают принятие решения как самостоятельный процесс, для руководителей же принятие решения является лишь частью всего процесса управления, где необходимо учитывать и объективное, и субъективные факторы, влияющие на решение проблемы. Расхождения во взглядах между системными аналитиками и руководителями проявляются и в оценке риска при принятии решения. (Ведь руководитель, как правило, несет личную ответственность за принятое решение.)

Системные аналитики не могут гарантировать руководителю стопроцентный успех или отыскание единственно верного решения. Они могут только на основе своих знаний помочь ему в его продвижении к разумным решениям. Хороший результат от реализации тщательного продуманного и научно-обоснованного решения в существенной мере зависит также от благоприятного стечения обстоятельств, поскольку многие решения, как уже отмечено, принимаются в условиях риска и неопределенности.

Руководитель выбирает единственный вариант решения из предлагаемых системными аналитиками. Он должен вовремя потребовать от системных аналитиков данные анализа, пусть даже и неполные. Не принятое вовремя реше-

ние – более грубое, чреватое более тяжкими последствиями ошибка, чем решение принятое, но содержащее какие-либо погрешности.

Всегда есть какой-то оптимум, некая точка, до которой надо вести исследования и после которой можно воспользоваться их плодами, принять решение. Выбрать этот момент, уловить его не раньше и не позже – это уже дело, которое требует иного подхода, иной подготовки и иных психологических качеств, нежели те, которые характерны для специалиста аналитика.

Решение является непосредственным продуктом труда руководителя любого уровня и ранга. Функции подготовки, принятия и реализации решений лежат в основе многих организационно-процедурных схем, положений, определяющих содержание деятельности отдельных элементов народнохозяйственной системы.

В современных условиях у руководителей значительно расширяются самостоятельность и возможности поиска эффективных решений, но и повышается ответственность за конечный результат принятых решений.

Теория принятия решений представляет собой общий аналитический подход к выбору направлений действий в любой сфере деятельности человека. Она широко используется и в производственном (операционном) менеджменте, начиная от анализа перспектив новых товаров, выбора методов производства, планирования размещения и вплоть до составления производственных расписаний. Решение – это выбранная альтернативы. Необходимость принятия решений объясняется сознательным и целенаправленным характером человеческой деятельности, возникает на всех этапах процесса управления и составляет часть любой функции управления. Принятие решений (управленческих) в организациях имеет ряд отличий от выбора отдельного человека, так как является не индивидуальным, а групповым процессом. На характер принимаемых решений огромное влияние оказывает степень полноты и достоверной информации, которой располагает руководитель. В зависимости от этого решения могут приниматься в условиях определенности (детерминированные решения) и риска или неопределенности (вероятностные решения). Комплексный характер

проблем современного менеджмента требует комплексного, всестороннего их анализа, т.е. участия группы руководителей и специалистов, что приводит к расширению коллегиальных форм принятия решений. Принятие решения – не одномоментный акт, а результат процесса, имеющего определенную продолжительность и структуру. Процесс принятия решений – циклическая последовательность действий субъекта управления, направленных на разрешение проблем организации и заключающихся в анализе ситуации, генерации альтернатив, выборе из них наилучшей и ее реализации.

Подходы к управлению

Управление рассматривается с различных точек зрения, приведенных ниже.

1) *подходы с позиций различных школ в управлении:*

- *подход научного управления* (1885 – 1920 гг.) – школа научного управления;
- *административный подход* (1920 – 1950 гг.) – классическая или административная школа;
- *подход с точки зрения человеческих отношений* – школа психологии человеческих отношений – (1930 – 1950 г.);
- *подход с точки зрения науки о поведении* (поведенческие науки) – с 1950 г.;
- *подход с точки зрения количественных методов* (количественный подход) – школа науки о управлении (или количественная школа) – с 1950 г.;

2) *процессный подход* (подход к управлению как к процессу) – с 1920 г.;

3) *системный подход* – с 1950 г.;

4) *ситуационный подход* – с 1960 г., а также *рационалистический, поведенческий, кибернетический и синергетический* подходы

Подходы на основе выделения различных школ. Неудачные попытки применить теоретические открытия школ на практике доказали, что многие от-

веты на вопросы управления были лишь частично правильными в ограниченных ситуациях. Тем не менее, каждая из этих школ внесла значительный вклад в данную область. Определенные концепции и приемы, возникшие в рамках данных школ, используются до сих пор. Вклад различных направлений приведен ниже.

Школа научного управления:

- 1) использование научного анализа для определения лучших способов выполнения задачи;
- 2) отбор работников, лучше всего подходящих для выполнения задач, и обеспечение их обучения;
- 3) обеспечение работников ресурсами, требуемыми для эффективного выполнения этих задач;
- 4) систематическое и правильное использование материального стимулирования для повышения производительности;
- 5) отделение планирования и обдумывания от самой работы.

Классическая школа управления:

- 6) развитие принципов управления;
- 7) описание функций управления;
- 8) систематизированный подход к управлению всей организацией.

Школа человеческих отношений и школа поведенческих наук:

- 1) применение приемов управления межличностными отношениями для повышения степени удовлетворенности и производительности;
- 2) применение наук о человеческом поведении к управлению и формированию организации таким образом, чтобы каждый работник мог быть полностью использован в соответствии с его потенциалом.

Школа науки управления:

- 1) углубление понимания сложных управленческих проблем благодаря разработке и применению моделей;
- 2) развитие количественных методов в помощь руководителям принимающим решения в сложных ситуациях.

Процессный подход к управлению. Процессный подход к управлению был впервые предложен школой административного управления, пытавшейся описать функции руководителя. Функции рассматривались как независимые друг от друга. Процессный подход рассматривает функции управления как взаимосвязанные. Управление и управленческие функции представляют собой процессы, поскольку состоят из серии непрерывных взаимосвязанных действий.

Ситуационный подход. Ситуационный подход концентрируется на ситуационных различиях между организациями и внутри самих организаций, и на том, что пригодность различных методов управления определяется ситуацией. В отличие от системного подхода, ситуационный определяет основные переменные, влияющие на функцию управления, что в окружающей среде влияет на управление и как среда влияет на результат деятельности организации и пытается увязать конкретные приемы и концепции с определенными конкретными ситуациями для того, чтобы достичь целей организации наиболее эффективно.

Два вида управления

Управление можно условно разделить на два вида:

- 1) *сознательное (иерархическое)* управление, означающее планомерное воздействие на объект; при иерархическом управлении цель функционирования системы задается её надсистемой;
- 2) *стихийное (синергетическое)* управление, когда воздействие на объект происходит в результате взаимодействия субъектов; одним из видов синергетического является адаптивное управление.

Адаптивное управление – это совокупность методов, позволяющих синтезировать системы, которые в процессе эволюции и функционирования демонстрируют способность к целенаправленному приспособляющемуся поведению в сложных средах, то есть *адаптивные системы*.

Два типа организационных структур

В настоящее время наиболее распространены два основных подхода к описанию организаций, связанных с двумя различными методами управления.

1. **Функциональная структура управления** представляет организацию как совокупность функциональных отделов с жесткими вертикальными связями (централизованное принятие решений) и слабыми горизонтальными связями (жесткая специализация).
2. **Процессная структура управления** представляет организацию как совокупность процессов с сильными горизонтальными связями (централизованная координация) и самоорганизующимися вертикальными.

Функциональная (традиционная) структура связана с иерархическим управлением, процессная – с элементами адаптивного (синергетического) управления.

Функциональная структура управления

В конце XIX века произошла смена линейной структуры управления на функциональную. С ростом индустриализации и укрупнения предприятий стало нецелесообразно держать в штате универсальных работников. Работа усложнилась, и каждый работник, чтобы повысить производительность труда, был вынужден специализироваться на выполнении отдельных операций (горизонтальное разделение труда).

Стало логично организовывать отделы, состоящие из работников родственных специальностей. Эти отделы называли функциональными, а структуру управления – функциональной (или линейно-функциональной). Такая система давала определенные преимущества: возможность специализации способствовала повышению профессионального уровня работника, централизация функций привела к снижению затрат, стало легче формировать организационную структуру компании.

Со временем рост специализации привел к обособлению функциональных подразделений и ослаблению межфункциональных связей и современная функциональная структура организации представляет собой функционально обособленные подсистемы и ряд устойчивых иерархических уровней управления для достижения целей.

Основные принципы иерархического управления: 1) централизованное принятие решений и 2) распределенная координация (разделение труда на основе жесткой специализации).

Недостатки функциональной структуры:

- разбиение технологий на отдельные, как правило, не связанные между собой фрагменты, реализуемые различными подразделениями предприятия, отсутствие цельного описания процессов и запаздывание с актуализацией соответствующей информации;
- отсутствие заинтересованности исполнителей в конечном результате. При функциональном подходе главным потребителем результатов труда работника является не клиент, а вышестоящий начальник, а видение происходящего чаще всего не выходит за рамки подразделения, в котором он работает. Работник не ориентирован на цели организации и тем более на клиента – он его просто не видит. Цель в иерархии: личная безопасность, самосохранение в системе;
- обмен информацией между различными подразделениями чрезмерно усложнен из-за ее вертикальной иерархичности, что приводит к большим накладным расходам, неоправданно длительным срокам выработки управленческих решений и, как следствие, потере клиентов;
- По подсчетам аналитиков время взаимодействия между подразделениями распределяется следующим образом: 20% – на выполнение работы и 80% – на передачу ее результатов следующему исполнителю.

- нарастание информационной энтропии. Управленческая информация передается с помощью естественного языка, обладающего информационной избыточностью, что служит причиной искажения сути сообщения.
- стандартные меры решения проблем в иерархической функциональной структуре: 1) манипуляции со структурой предприятия – «стремление на любую ситуацию отвечать реорганизацией – самым замечательным методом создания видимости прогресса, порождающим путаницу, неэффективность и деморализацию»; 2) манипуляции с численностью персонала; 3) попытки внедрения компьютерных ИС управления предприятием; 4) безуспешные попытки внедрения систем качества на базе ISO 9000.

Перечисленные недостатки устраняет процессная структура управления.

Процессная структура управления

История

Первое упоминание о процессном подходе как отдельной области исследования относится к 20 годам 19 века, когда в одной из компаний, где клерки работали с документами, был проведен анализ эффективности работы с использованием процессного подхода.

Руководитель решил проанализировать, как часто сидящие в одном большом помещении сотрудники передают друг другу документы. Была составлена схема, отражающая размещение сотрудников в помещении и все возможные взаимодействия между ними.

За небольшой промежуток времени была собрана статистика всех взаимодействий. По результатам анализа была проведена простая оптимизация: наиболее часто взаимодействующих между собой сотрудников посадили рядом друг с другом. В результате меньше времени тратилось на передачу документов. Это стало первым известным примером проведения описания и оптимиза-

ции процессов в бизнесе.

Определения понятий: процесс и процессный подход

Согласно стандарту «Основные Положения и Словарь — ISO/ОПМС 9000:2000», любая деятельность или комплекс деятельности, в которой используются ресурсы для преобразования входов в выходы, может рассматриваться как **процесс**. Чтобы эффективно функционировать, организации должны определять и управлять многочисленными взаимосвязанными и взаимодействующими процессами. Систематическая идентификация и управление применяемыми организацией процессами, и особенно взаимодействием таких процессов, могут считаться «**процессным подходом**».

В 2000 году Международная Организация по Стандартизации (ISO) приняла новую версию стандартов серии 9000, содержащих перечень требований к системе качества (СК) организации.

Одно из принципиальных отличий новой версии стандартов – использование процессного подхода к менеджменту, а также к созданию и функционированию СК.

Основную идею процессного подхода в новой версии стандартов можно свести к следующим положениям:

- 1) деятельность организации необходимо представить в виде сети взаимодействующих между собой процессов;
- 2) управление деятельностью организации должно основываться на управлении сетью процессов.

Процессный подход к описанию организации предполагает смещение акцентов от управления отдельными функциональными элементами на управление бизнес-процессами, связывающими деятельность этих функциональных элементов. Процессный подход позволяет:

- делегировать полномочия исполнителям бизнес-процессов;

- заинтересовать исполнителя в повышении качества конечного продукта;
- сосредоточить руководителей на стратегических и системных вопросах;
- рационально использовать материальные, финансовые и человеческие ресурсы;
- ускорить обмен информацией между функциональными подразделениями;
- быстро реагировать на внешние изменения.

Процессный подход к организации деятельности предприятия является предпосылкой для перехода от централизованного к **адаптивному управлению**, основными чертами которого являются:

- 1) распределенное принятие решений;
- 2) централизованная координация.

При этом чисто «процессная компания» является скорее иллюстрацией правильной организации работ. В действительности все бизнес-процессы компании протекают в рамках организационной структуры предприятия, описывающей функциональные компетентности и отношения.

Управление всей текущей деятельностью компании ведется по двум направлениям — управление функциональными областями, которые поддерживают множество унифицированных бизнес-процессов, разделенных на операции, и управление интегрированными бизнес-процессами, задачей которого является маршрутизация и координация унифицированных процессов для выполнения как оперативных заказов потребителей, так и глобальных проектов самой организации. Фактически основной задачей организационного проектирования является выбор оптимального соотношения между эффективностью использования ресурсов и эффективностью процессов.

Жесткая специализация подразделений экономит ресурсы организации, но снижает качество реализации процессов. Создание «процессных» команд, включающих собственных специалистов по всем ключевым операциям, обходится достаточно дорого, но при этом значительно сокращается время и повы-

шается точность выполнения процесса.

Иногда организации могут позволить себе выбрать этот путь, особенно в тех случаях, когда создается высокая ценность процесса, за которую потребитель согласен платить. Но, как правило, ищется какой-то компромисс на основе процессно-матричных структур. Когда компания начинает ориентироваться на процессы, исключительно важной становится роль владельцев интегрированных межфункциональных процессов, касающихся многих функциональных областей. Кроме того, новая парадигма деятельности предприятия вызывает появление большого числа процессов управления, распределенных по всему предприятию, а не сосредоточенных в специализированных организационных единицах: это системы качества, бюджетирования, маркетинга и т.п. Поэтому постановка бюджетирования как организационной, а не только финансовой задачи предполагает делегирование полномочий, т.е. власти (с которой нелегко расстаться). На более низкие уровни делегируется ответственность за принятие финансовых решений: о заключении сделки-договора, об оплате, о закупке, о скидках и отпуске в кредит и т.п. Это позволяет упростить связи между подразделениями и снизить количество уровней вертикального прохождения документов, т.е. является необходимым условием реализации классической схемы реинжиниринга. Таким образом, процессная ориентация ведет к перестройке организационной структуры, делает организационную структуру компании более «плоской», что иллюстрирует тесную связь между «вертикальным» описанием организации (как структуры распределения ответственности, полномочий и взаимоотношений) и ее «горизонтальным» описанием, как системы процессов.

Процессный подход к описанию предметной области

Первый шаг проектирования ИС – получение формального описания предметной области. Для описания предметной области чаще всего используют процессный подход, и проектирование в этом случае ориентировано не на ие-

рархическую организационную структуру, а на структуру бизнес-процессов.

Принципы процессного подхода

Процессный подход к проектированию ИС базируется на следующих основных принципах:

1. Восприятие бизнеса как системы (системный подход):

- любое предприятие следует рассматривать как систему, а её развитие – по законам сложных систем;
- решение локальных проблем не меняет систему. Систему можно изменить только в целом.
- система, находящаяся в устойчивом состоянии не способна эволюционировать.

2. Восприятие деятельности как процесса (процессный подход):

- любая деятельность может рассматриваться как процесс, следовательно, она может быть улучшена.
- любая деятельность допускает разделение как по времени, так по материальным ресурсам и персоналу.
- *любая целенаправленная и спланированная деятельность, использующая ресурсы, преобразует вход в выход.*
- *деятельность предприятия представляет собой сеть взаимосвязанных процессов, так как все виды деятельности и соответствующие им процессы взаимосвязаны.*
- *каждый процесс имеет внешнего или внутреннего поставщика входных ресурсов и внешнего или внутреннего потребителя выходного продукта или услуги.*

3. Стандартизация и прозрачность ответственности:

- высшее руководство предприятия должно брать на себя полную ответственность за создание качества и управление им;

- каждый процесс должен иметь владельца (персонификация и распределение ответственности за все виды деятельности);
- все составляющие процессов должны быть максимально стандартизированы и понятны;
- стандартизация должна осуществляться на базе взаимосвязанных и гармонизированных стандартов, реализующихся в виде нормативной документации и корпоративных стандартов, описывающих все виды деятельности предприятия.

Основные понятия процесса

Процесс в терминах ISO 9000:2000 – это совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, преобразующих «входы» в «выходы».

Владелец процесса – должностное лицо, несущее ответственность за ход и результаты Процесса;

Ресурсы – ресурсы, выделенные в распоряжение Владельца Процесса для его проведения; могут включать – оборудование (производственное, контрольно-измерительное, офисное и др.), персонал, помещения, среду, транспорт, связь, материалы (вспомогательные), финансы, документация и т. д.;

Параметры процесса – характеристики (информация) по которым Владелец Процесса и высший руководитель могут судить о том, насколько эффективно выполняется Процесс и достигаются ли запланированные результаты;

Поставщик – субъект, предоставляющий ресурсы.

Потребитель – потребитель результатов Процесса, степень удовлетворенности которого также предназначена для оценки эффективности Процесса;

Входы процесса – входные объекты (сырье, продукция, комплектация, информация или услуга), которые преобразуются в Выходы процесса в ходе выполнения Процесса. Часто Входы одного Процесса являются выходами другого;

Выходы процесса – продукция, информация или услуга ради которой существует Процесс.

Сеть процессов организации – объединение взаимосвязанных и взаимосогласованных Процессов организации в единую систему.

Правила процессного описания предметной области

Правило 1. Все процессы делятся на *основные* и *вспомогательные*. Через *основные процессы* проходят производимая продукция и/или услуги и их компоненты (маркетинг, проект, входящие материалы и др.). *Вспомогательные процессы* предназначены для нормального функционирования основных процессов (работа офиса, хозяйственная деятельность, обучение персонала, подготовка документации).

Правило 2. Основных процессов должно быть не более чем 7 ± 2 .

Правило 3. Каждый Процесс должен иметь только одного владельца.

Правило 4. Владельцу должны быть выделены все необходимые ресурсы и полномочия и установлены *показатели эффективности процесса*, основные из которых:

- 1) затраты на осуществление процесса;
- 2) расчет времени на осуществление процесса;
- 3) показатели качества процесса.

Правило 5. Приоритет в установлении требований к *выходам процесса* имеет *потребитель* результатов Процесса. «Клиент всегда прав». При этом *потребитель* может быть как внешним, так и внутренним, то есть выход одного процесса может являться входом другого в пределах одной организации.

Правило 6. Владелец процесса и только он один несет ответственность:

- за выявление и выполнение требований Потребителя, в том числе внутреннего;
- за эффективность процесса;

- за результат процесса;
- за его своевременную доставку Потребителю.

Правило 7. Все отклонения от нормального течения процесса должны фиксироваться и рассматриваться как база для улучшений с учетом экономической целесообразности корректировки процесса.

Управление, направленное на успех

Организация существует для достижения определенных целей и считается добившейся успеха, если она их достигла.

При этом размер предприятия и прибыльность не всегда могут считаться критериями успеха, если они не являются одними из целей. Составляющие успеха организации:

- 1) выживание;
- 2) эффективность. Эффективность определяется на основе денежной оценки ее входов;
- 3) производительность (результативность) – отношение количества единиц на выходе к количеству единиц на входе;
- 4) практическая реализация (implementation). Успешным считается такое решение, которое реализуется практически (т.е. превращается в действие) результативно и эффективно.

Повышение эффективности и производительности подразумевает: инновации в структуре организации, централизацию или интеграцию бизнес-процессов, качество и своевременность бизнес-информации.

1.3. Основные понятия информационных технологий и систем

Определения ИТ

В широком смысле, **Информационные технологии, ИТ** (Information technology, **ИТ**) – общий термин для обозначения различных технологий обработки и передачи информации. К ИТ относятся компьютерные технологии, телекоммуникация и микроэлектроника.

Обычно под ИТ понимают *компьютерные технологии*, а именно – методы применения вычислительной техники (ВТ) и компьютерного ПО при работе с информацией (*выполнении функций: сбора, хранения, защиты, обработки, передачи и использования данных*).

ИТ (по UNESCO) – это комплекс взаимосвязанных научных и инженерных дисциплин, изучающих ВТ, способы взаимодействия ее с людьми и производственным оборудованием, способы эффективной организации труда людей, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы.

По определению ИТАА, Американской ассоциации по ИТ (Information Technology Association of America), **ИТ** – это изучение, проектирование, разработка, внедрение, поддержка или управление **компьютерными информационными системами**, включая программные приложения и компьютерное аппаратное обеспечение.

Бурный рост отрасли ИТ приходится конец 1990-х годов, связанный с появлением и развитием **информационно-коммуникационных технологий**.

Информационно-коммуникационные технологии (Information and communication technologies, **ИСТ**) – термин, покрывающий все технические средства обработки и обмена информацией. Наряду с тем, что он формально включает «доцифровые» технологии, включая бумажные, часто используется для описания цифровых технологий, включая как способы коммуникации

(коммуникационные протоколы, способы обмена, коммуникационное оборудование, медиа), так и способы хранения и обработки информации (вычисления, хранение данных и т.д.).

Термин стал популярным (за рубежом) частично благодаря объединению ИТ и телекоммуникационной технологии.

Определения и типы информации

По определению БСЭ, *информация* (от лат. informatio – «научение», «сведение», «оповещение») – это сведения, передаваемые системой знаков любого рода.

Федеральный закон РФ от 27.07.06 N149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» определяет информацию, как сведения (сообщения, данные), независимые от формы их представления.

Точное общепринятое определение отсутствует ввиду отсутствия определения того, что такое «сведения». Поэтому понятие «информация» принято определять через ее *свойства* (подобно понятию «материя»), т. е. *информация* – это явление, которое характеризуется наличием *источника, приемника, канала связи* и т. д. При этом многие из свойств информации (например, «*смысл*») еще не вполне познаны наукой, что еще более затрудняет формулировку точного определения.

В XX веке термин «информация» был введен в ряде научных областей, получив особые для них толкования и определения.

Информация, зафиксированная на материальных носителях и хранимая в ИС (библиотеках, архивах, хранилищах, фондах, банках данных, системах знаний и т. п.), носит название *информационные ресурсы*.

Информацию можно условно разделить на группы **по сфере использования**.

Например, *экономическая информация* – это совокупность сведений о социально-экономических процессах, служащих для управления ими и коллек-

тивами людей. Характеристики экономической информации: большие объемы, многократное повторение циклов ее получения и преобразования в установленные временные периоды (месяц, квартал, год и т. д.), многообразие источников и потребителей, значительный удельный вес рутинных процедур при ее обработке.

Сектор экономической (деловой) информации подразделяется, в свою очередь, на следующие группы:

- биржевая и финансовая информация – информация о котировках ценных бумаг, валютных курсах, учетных ставках, рынках товаров и капиталов, предоставляемая биржами, специальными службами биржевой и финансовой информации, брокерскими компаниями;
- статистическая информация – числовая экономическая, демографическая, социальная информация в виде рядов динамики, прогнозных моделей и оценок, предоставляемая государственными службами, а также компаниями, занятыми исследованиями, разработками и консалтингом;
- коммерческая информация – информация о компаниях, фирмах, корпорациях, направлениях их работы, финансовом состоянии, ценах на продукцию и услуги, связях, сделках, руководителях;
- деловые новости в области экономики и бизнеса.

Информация в ИС может быть *структурированной* и *неструктурированной* и условно делится на *данные* и *знания* (рис. 1.2).

Структурированные данные – это информация в виде чисел и текста, хранимая в нормализованных БД. Над такими данными можно выполнять различные операции.

К **неструктурированной информации** можно отнести обычные офисные электронные документы в формате Word или Excel, PDF, а также рисунки, чертежи, графики, сканированные изображения и вообще файлы любых форматов, сообщения электронной почты, Web-страницы, видео и другую информацию в электронном виде – в противоположность структурированным данным, обычно находящимся под управлением реляционной или многомерной СУБД. Для хра-

нения неструктурированной информации используется файловая система ОС или объектно-ориентированные СУБД.

Данные – это отдельные факты, характеризующие объекты, процессы и явления предметной области, а также их свойства. В теории ИТС **данные** – это информация, фиксированная в определенной форме, пригодной для последующей обработки, хранения и передачи, а именно хранимая в базах данных и обрабатываемая прикладными программами.

Знание (обще определение) – это совокупность понятий, представлений о чем-либо, унаследованных, полученных, приобретенных, накопленных в результате учения, опыта, в процессе жизни и т. д. и обычно реализуемых в деятельности.

Оксфордский словарь английского языка (Oxford English Dictionary) дает следующие определения понятия *знание*:

- 1) навыки, приобретенные человеком через опыт или образование;
- 2) теоретическое или практическое понимание предмета в специфической области или в целом;
- 3) факты или информация, понимание или осведомленность о факте или ситуации, приобретенные опытным путем.

Философские дебаты начались с формулировки знания как justified true belief. Однако до сих пор не существует ни общепринятой формулировки понятия *знание*, ни полного обзора по понятию, несмотря на огромное количество различных теорий.

Приобретение знаний включает комплекс когнитивных процессов: восприятие, изучение, коммуникацию, ассоциацию и рассуждение. Термин *знание* также используется для обозначения уверенного понимания предмета со способностью применения его для разрешения конкретных ситуаций.

В теории *искусственного интеллекта* (ИИ) *знание* – это совокупность сведений о мире (у индивидуума, общества или у системы ИИ), включающих в себя информацию о свойствах объектов, закономерностях процессов и явлений, а также правилах использования этой информации для принятия решений.

В системах управления знаниями (СУЗ) используют понятие *корпоративных знаний*, означающее коллективный опыт и понимание процессов управления запланированными и незапланированными ситуациями в организации. Знания могут поступать из баз данных, от людей, с веб-страниц и рабочих процессов, в которых участвуют люди, и делятся на *неявные* (те, что в головах людей) и *явные* (задокументированные).

Определения информационных систем (ИС)

Термин **Информационная система** в широком понимании относится к взаимодействию между процессами и технологией, в узком – к взаимодействию между людьми, процессами, информацией и технологией.

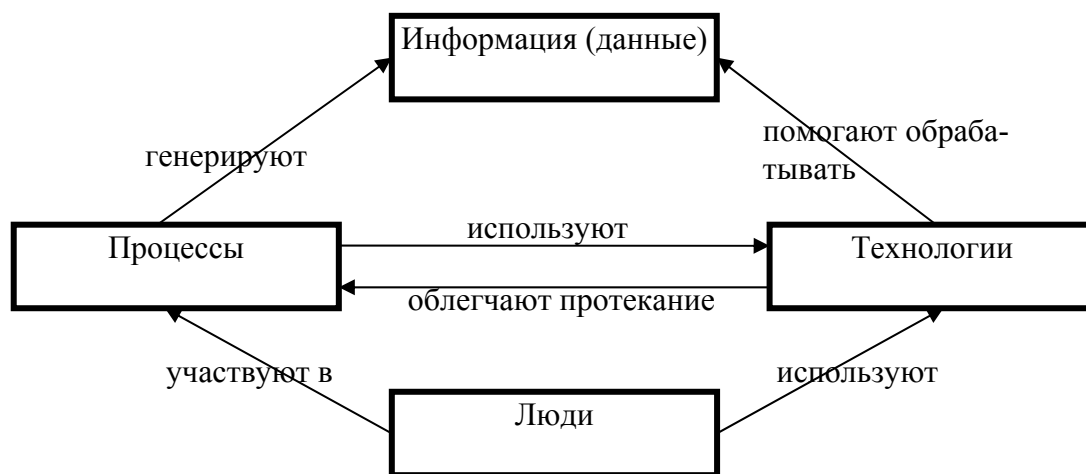


Рис. Концепция ИС

По определению стандарта **ISO 12207**, (**информационная**) **система** – это объединение одного или нескольких процессов, аппаратных средств, программного обеспечения, оборудования и людей для обеспечения возможности удовлетворения определенных потребностей или целей.

По федеральному закону РФ от 27.07.06 N149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», информационная систе-

ма – совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку ИТ и технических средств.

Функции, состав и структуры ИС (ГОСТ 24.103-84 – Функции, состав и структура АСУ)

ИС состоит из **функциональной** и **обеспечивающей** частей. Подсистемы, входящие в функциональную часть, называются *функциональными подсистемами* ИС, а подсистемы, входящие в обеспечивающую часть – *обеспечивающими подсистемами* ИС.

Задачи функциональных подсистем – это те задачи, ради решения которых и создается ИС. Они различны для различных видов ИС. Например:

- подсистема планирования;
- подсистема управления качеством;
- подсистема управления персоналом
- и т.д.

Целью обеспечивающих подсистем является обеспечение решения задач функциональных подсистем ИС. *Обеспечивающая часть* не зависит от вида ИС и включает следующие подсистемы:

1. Информационное обеспечение (ИО). В состав ИО входят классификаторы технико-экономической информации, нормативно-справочная информация, форма представления и организация данных в системе, в том числе: формы документов, видеограмм, массивов и логические интерфейсы (протоколы обмена данными)

2. Программное обеспечение, ПО (software) – это комплекс программ, применяющихся в ИС. В состав программного обеспечения входят программы (в том числе программные средства) с программной документацией на них, необходимые для реализации всех функций системы в объеме, предусмотренном

в техническом задании на создание ИС.

Различают *общее* и *специальное* ПО.

Общее (базовое) осуществляет управление работой технических средств и ИБ. К общему ПО относят:

- СУБД;
- Операционные системы (ОС);
- Сервисные средства и утилиты;
- Инструментальные средства разработки ПО.

Специальное (прикладное, application software) предназначено для решения функциональных задач пользователей.

Другая классификация ПО:

- встроенное ПО (Firmware) – ПО, встроенное в электронно программируемые устройства памяти на материнской плате или других типах интегрированных аппаратных носителях.
- межплатформенное (связующее) ПО (Middleware) – ПО, управляющее или координирующее распределенные системы. Сюда относятся компьютерные сервисы, интеграторы. Основные функции: вызов удаленных процедур, передача сообщений, посредничество в запросах к объектам.
- системное ПО (System software), например ОС, является интерфейсом с аппаратным обеспечением и предоставляет необходимые сервисы для прикладного ПО.
- тестирующее ПО – включает различные инструменты и методы тестирования программных продуктов на готовность к использованию.
- тестовое ПО (Testware), – утилиты и прикладные программы для тестирования прикладного ПО, которые при необходимости могут быть использованы для операционных нужд. ПО существу, тестовое ПО представляет собой не фиксированную конфигурацию, а рабочую среду или часть рабочей среды для прикладного ПО.

3. Техническое/аппаратное обеспечение (hardware) – это комплекс тех-

нических средств для сбора, передачи, хранения и обработки информации. В **состав** технического обеспечения входят технические средства, необходимые для реализаций функций системы. Аппаратное обеспечение включает в себя все *физические части компьютера (ЭВМ)*, но не включает информацию (данные), которые он хранит и обрабатывает, и программное обеспечение, которое им управляет. Кроме того, в аппаратное обеспечение также входят внешние компоненты – *периферийные устройства и сетевое оборудование*.

В общем случае аппаратное обеспечение включает средства получения, ввода, подготовки, обработки, хранения (накопления), регистрации, вывода, отображения, использования, передачи информации и средства реализации управляющих воздействий.

Периферийные устройства включают *устройства ввода и вывода информации*. *Устройства ввода*: клавиатуры (стандартные, эргономические и специальные), манипуляторы типа «мышь» (сейчас в основном оптические), джойстики и прочие специальные манипуляторы, сенсорные экраны, сканеры: распознаватели магнитных знаков (для банкоматов, кассовых аппаратов, охранные системы), сканеры графической информации (планшетные, ручные), Системы распознавания речи (аппаратные), сенсорные датчики, устройства видеозахвата и др. *Устройства вывода*: мониторы (ЖК, ЭЛТ и OLED) и Специальные LCD и OLED экраны, печатающие устройства (принтеры, плоттеры), колонки/наушники, модемы – для связи по телефонной линии и др.

4. Организационное обеспечение – это документы, определяющие функции подразделений управления, действия и взаимодействие персонала ИС.

5. Метрологическое обеспечение – это метрологические средства и инструкции по их применению.

6. Правовое обеспечение – это совокупность документов, определяющих юридические аспекты функционирования системы (нормативные документы, определяющие правовой статус системы, персонала, правила функционирования и нормативы на автоматически формируемые документы, в том числе на

машинных носителях информации). Правовое обеспечение в составе функционирующей системы реализуется в виде документов организационного обеспечения.

7. Лингвистическое обеспечение – это совокупность языковых средств, используемых для машинной обработки информации и облегчающих общение человека с техническими средствами ИС.

В состав лингвистического обеспечения входят *тезаурусы* и *языки описания и манипулирования данными*.

Лингвистическое обеспечение функционирующей ИС может присутствовать в ней самостоятельно или в виде решений по информационному обеспечению и в документах организационного обеспечения.

8. Математическое обеспечение – это методы решения задач управления, модели и алгоритмы. В функционирующей системе математическое обеспечение реализовано в составе программного обеспечения.

При описании ИС пользуются следующими видами структур, отличающимися типами элементов и связей между ними (табл.):

Таблица

Структуры ИС (ГОСТ 34)

Вид структуры	Элементы	Связи
функциональная	функции, задачи, операции	информационные
техническая	устройства	линии связи
организационная	коллективы людей и отдельные исполнители	информационные, соподчинения и взаимодействия
алгоритмическая	алгоритмы	информационные
программная	программные модули	информационные и управляющие
информационная	формы существования и представления информации в системе	операции преобразования информации в системе

Необходимый состав элементов выбирают в зависимости от вида конкретной АСУ.

1.4. Основные понятия проектирования

Понятия проектирования

В общем смысле, **проектирование** – это процесс создания проекта, прототипа, прообраза предполагаемого или возможного объекта, состояния.

Проектирование (в технике) – это разработка проектной, конструкторской и другой технической документации, предназначенной для осуществления строительства, создания новых видов и образцов. В процессе проектирования выполняются технические и экономические расчёты, схемы, графики, пояснительные записки, сметы, калькуляции и описания.

Проект (в технике) – это комплект указанной документации и материалов (определённого свойства). Завершённая разработка по проектированию некоторой новой системы представляет собою носитель (например, бумажный или электронный), на котором изображены текстовые описания, чертежи, формулы, модели, алгоритмы, на основе которых создается работающая система.

Проект (в теории Управления проектами) – это уникальная (в отличие от процесса) деятельность, имеющая начало и конец во времени, направленная на достижение определённого результата (цели), создание определённого уникального продукта или услуги при заданных ограничениях по ресурсам и срокам, а также требованиям к качеству и допустимому уровню риска.

Таким образом, проект – это временное предприятие, предназначенное для создания уникальных продуктов, услуг или результатов.

Создание ИС представляет собой программный проект.

Типология проектов по созданию ИС

Проект создания ИС может быть *индивидуальным* или *типовым*.

Индивидуальный проект – подразумевает разработку ИС, как правило с

помощью специалистов самой организации.

Типовое проект ИС предполагает создание системы из готовых типовых проектных решений.

Типовое проектное решение (ТПР) – это тиражируемое (пригодное к многократному использованию) проектное решение. Выделяют следующие классы ТПР:

- *элементные ТПР* – типовые решения по задаче или по отдельному виду обеспечения задачи (информационному, программному, техническому, математическому, организационному);
- *подсистемные ТПР* – в качестве элементов типизации выступают отдельные подсистемы, разработанные с учетом функциональной полноты и минимизации внешних информационных связей;
- *объектные ТПР* – типовые отраслевые решения, которые включают полный набор функциональных и обеспечивающих подсистем ИС.

Каждое типовое решение предполагает наличие, кроме собственно функциональных элементов (программных или аппаратных), документации с детальным описанием ТПР и процедур настройки в соответствии с требованиями разрабатываемой системы.

Для реализации типового проектирования используются два подхода: *параметрически-ориентированный* и *модельно-ориентированный*.

Параметрически-ориентированное проектирование включает следующие основные этапы:

1. декомпозиция проектируемой ИС на множество составляющих компонентов (подсистем, программных модулей и т.д.);
2. выбор и приобретение из имеющихся на рынке ТПР, необходимых для реализации выделенных компонентов;
3. настройка (доработка) приобретенного ТПР на особенности конкретного предприятия с помощью обслуживающей организации (либо самостоятельно с помощью штатных IT-специалистов).

Выбор и приобретение ТПП подразумевает выполнение следующих шагов:

- 1) определение критериев оценки компонентов ИС с точки зрения решения поставленных задач;
- 2) анализ и оценка доступных ТПП по сформулированным критериям;
- 3) выбор и закупка наиболее подходящего пакета.

Критерии оценки ТПП делятся на следующие группы:

- 1) назначение и возможности;
- 2) отличительные признаки и свойства;
- 3) требования к техническим и программным средствам;
- 4) документация;
- 5) факторы финансового порядка;
- 6) особенности установки;
- 7) особенности эксплуатации;
- 8) помощь поставщика по внедрению и поддержке;
- 9) оценка качества решения и опыт его использования;
- 10) перспективы развития.

Внутри каждой группы критериев выделяется некоторое подмножество частных показателей, детализирующих каждый из десяти выделенных аспектов анализа выбираемых ППП. Достаточно полный перечень показателей можно найти в литературе. Числовые значения показателей для конкретных ППП устанавливаются экспертами по выбранной шкале оценок (например, 10-балльной). На их основе формируются групповые оценки и комплексная оценка пакета (путем вычисления средневзвешенных значений). Нормированные взвешивающие коэффициенты также получают экспертным путем.

Модельно-ориентированное проектирование заключается в адаптации состава и характеристик типовой ИС к модели объекта автоматизации.

Технология проектирования в этом случае должна обеспечивать единые средства для работы как с моделью типовой ИС, так и с моделью конкретного

предприятия.

Модельно-ориентированное проектирование ИС предполагает, прежде всего, построение модели объекта автоматизации с использованием специального программного инструментария (например, SAP Business Engineering Workbench (BEW), BAAN Enterprise Modeler).

Возможно также создание ИС на базе *типовой модели ИС* из *репозитория*, который поставляется вместе с программным продуктом и содержит как базовую (эталонную) модель ИС, так и конфигурации для определенных отраслей или типов производства.

Подходы к проектированию систем

Стихийная («лоскутная») автоматизация (подход «снизу-вверх»)

На первом этапе основным подходом к проектированию ИС был *метод «снизу-вверх»*. ИС создавалась в виде набора приложений, наиболее важных в данный момент для поддержки деятельности организации. Основной целью этих проектов было обслуживание текущих потребностей конкретного предприятия, а не создание тиражируемых продуктов. Такой подход отчасти сохраняется и сегодня.

Достоинства метода: качественное обеспечение поддержки отдельных функций.

Основной недостаток: возникновение проблем при объединении существующих систем.

Создавая свои отделы и управления автоматизации, предприятия пытались «обустроиться» своими силами. Однако периодические изменения технологий работы и должностных инструкций, сложности, связанные с разными представлениями пользователей об одних и тех же данных, приводили к непрерывным доработкам программных продуктов для удовлетворения все новых и новых пожеланий отдельных работников. Как следствие – и работа программ-

стов, и создаваемые ИС вызывали недовольство руководителей и пользователей системы.

Следующий этап связан с осознанием того факта, что существует потребность в достаточно стандартных программных средствах автоматизации деятельности различных учреждений и предприятий. Из всего спектра проблем разработчики выделили наиболее заметные: автоматизацию ведения бухгалтерского аналитического учета и технологических процессов. Системы начали проектироваться *«сверху-вниз»*, т.е. в предположении, что одна программа должна удовлетворять потребности многих пользователей.

Системное проектирование (подход «сверху-вниз»)

Противоположностью стихийной автоматизации является системное проектирование, или *автоматизация «сверху-вниз»*. Смысл системного проектирования – реорганизация управления и перепроектирование всей КИС, которые наилучшим образом достигают целей управления. Этапы системного проектирования:

- 1) определение целей и задач управления организацией;
- 2) создание модели организации. Главное требование к модели – системная целостность. Каждое изменение элемента модели требует перепроверки и согласования как «сверху-вниз», так и «снизу-вверх»;
- 3) создание КИС на основе этой модели.

Основной недостаток системного подхода к проектированию – трудоемкость поддержания целостности модели.

Сама идея использования универсальной программы накладывает существенные ограничения на возможности разработчиков по формированию структуры базы данных, экранных форм, по выбору алгоритмов расчета. Заложенные «сверху» жесткие рамки не дают возможности гибко адаптировать систему к специфике деятельности конкретного предприятия: учесть необходимую глу-

бину аналитического и производственно-технологического учета, включить необходимые процедуры обработки данных, обеспечить интерфейс каждого рабочего места с учетом функций и технологии работы конкретного пользователя. Решение этих задач требует серьезных доработок системы. Таким образом, материальные и временные затраты на внедрение системы и ее доводку под требования заказчика обычно значительно превышают запланированные показатели.

Согласно статистическим данным, собранным Standish Group (США), из 8380 проектов, обследованных в США в 1994 году, неудачными оказались более 30% проектов, общая стоимость которых превышала 80 миллиардов долларов. При этом оказались выполненными в срок лишь 16% от общего числа проектов, а перерасход средств составил 189% от запланированного бюджета.

В то же время, заказчики ИС стали выдвигать все больше требований, направленных на обеспечение возможности комплексного использования корпоративных данных в управлении и планировании своей деятельности.

Таким образом, возникла насущная необходимость формирования новой методологии построения информационных систем.

В настоящий момент большинство организаций уже имеет ИС, в различной степени автоматизирующие процессы в них протекающие. Поэтому типичными в настоящее время являются следующие проекты:

- по разработке новых ИС и их интеграции с существующими ИС;
- по разработке новых ИС с целью замены существующих ИС;
- по модернизации (наращиванию функциональности, развитию) существующих ИС.

По сути, сегодня можно говорить, что время, когда разработчики ИС приходили в организацию и начинали проекты информатизации «с нуля», прошла. При этом в существующих методологиях основной акцент сделан на разработку ИС «с нуля», а большое количество подходов, методов и решений, относящихся к реинжинирингу ИС, не интегрированы на уровне методологий.

Основные особенности ИТ-проектов

Индустрия ПО начала зарождаться в середине 50-х годов XIX в., однако почти до конца 60-х ей не уделялось серьезного внимания, поскольку ее доля в компьютерном бизнесе была слишком мала. В 1970 г. годовой оборот всех фирм-разработчиков ПО в США не превышал 1/2 млрд долл. – около 3,7% всего оборота компьютерного бизнеса.

Серьезный рост начался в 70-х годах XX в., начиная с принятого фирмой IBM в 1969 г. решения о развязывании цен (раздельном назначении цен на аппаратуру, ПО и услуги), и продолжился до конца декады и появления персонального компьютера.

К 1979 году годовой объем продаж фирм-разработчиков ПО в США составлял около \$2 млрд. В 80-х годах рост составлял 20% в год и более, таким образом, годовые доходы фирм выросли до \$10 млрд. к 1982 г. и \$25 млрд. к 1985 г.

Сегодня общий объем продаж ПО превышает \$100 млрд. Производство ПО сегодня – крупнейшая отрасль мировой экономики, в которой занято около трех миллионов специалистов (программистов, разработчиков ПО) и несколько миллионов пользователей на рабочих местах.

Накопленный к настоящему времени опыт создания систем ПО показывает, что это логически сложная, трудоемкая и длительная работа, требующая высокой квалификации участвующих в ней специалистов.

Однако по настоящее время создание таких систем нередко выполняется на интуитивном уровне с применением неформализованных методов, основанных на искусстве, практическом опыте, экспертных оценках и дорогостоящих экспериментальных проверках качества функционирования ПО. Кроме того, в процессе создания и функционирования ПО потребности пользователей постоянно изменяются или уточняются, что еще более усложняет разработку и сопровождение таких систем.

1.5. Жизненный цикл проекта по созданию ИС

Понятие жизненного цикла информационной системы (ЖЦ ИС)

Каждый проект, независимо от сложности и объема работ проходит в своем развитии путь от состояния когда «проекта еще нет» до состояния когда «проекта уже нет». Совокупность ступеней развития от возникновения идеи до полного завершения проекта принято разделять на фазы, стадии и этапы.

ЖЦ ИС – это непрерывный процесс, который начинается с момента принятия решения о необходимости создания ИС и заканчивается в момент ее полного изъятия из эксплуатации.

В определении количества фаз и их содержания имеются некоторые отличия, поскольку эти характеристики во многом зависят от условий осуществления конкретного проекта и опыта основных участников. Тем не менее логика и основное содержание процесса разработки ИС почти во всех случаях являются общими. Здесь можно выделить следующие фазы развития ИС:

- 1) формирование концепции;
- 2) разработка технического предложения;
- 3) проектирование;
- 4) разработка (изготовление);
- 5) ввод в эксплуатацию;
- 6) изъятие из эксплуатации или замена.

1.Концептуальная фаза. Главным содержанием работ на этой фазе является определение проекта и разработка его концепции, включающая:

- формирование идеи, постановку целей;
- формирование ключевой команды проекта;
- изучение мотивации и требований заказчика и других участников;
- сбор исходных данных и анализ существующего состояния (*предпроектное обследование объекта автоматизации*);

- определение основных требований и ограничений, требуемых материальных, финансовых и трудовых ресурсов;
- сравнительную оценку альтернатив;
- представление предложений, их экспертизу и утверждение.

2.Разработка технического предложения. Главным содержанием этой фазы является разработка технического предложения и переговоры с заказчиком о заключении контракта. Общее содержание работ этой фазы:

- разработка основного содержания и *базовой структуры проекта*;
- разработка и утверждение *технического задания*;
- планирование и декомпозиция базовой структурной модели проекта;
- составление сметы и бюджета проекта, определение потребности в ресурсах;
- разработка календарных планов и укрупненных графиков работ;
- подписание контракта с заказчиком;
- ввод в действие средств коммуникации участников проекта и средств контроля за ходом работ.

3.Проектирование. На этой фазе определяются подсистемы, их взаимосвязи, выбираются наиболее эффективные способы выполнения проекта и использования ресурсов. В основе проектирования ИС лежит *моделирование предметной области*. Цель моделирования – избежать ошибок, приводящих к экономическим потерям и затратам на последующее перепроектирование системы. Другие работы, характерные для фазы проектирования:

- выполнение базовых проектных работ;
- разработка частных технических заданий;
- выполнение концептуального проектирования;
- составление технических спецификаций и инструкций;
- представление проектной разработки, экспертиза и утверждение.

4.Разработка. На этой фазе производятся координация и оперативный контроль работ по проекту, осуществляется изготовление подсистем, их объединение и тестирование. Основное содержание фазы:

- выполнение работ по разработке программного обеспечения;
- выполнение подготовки к внедрению системы;
- контроль и регулирование основных показателей проекта.

5.Ввод системы в эксплуатацию. На этой фазе проводятся испытания, опытная эксплуатация системы в реальных условиях, ведутся переговоры о результатах выполнения проекта и о возможных новых контрактах. Основные виды работ:

- комплексные испытания;
- подготовка кадров для эксплуатации создаваемой системы;
- подготовка рабочей документации, сдача системы заказчику и ввод ее в эксплуатацию;
- сопровождение, поддержка, сервисное обслуживание.

6. Изъятие из эксплуатации или замена:

- оценка результатов проекта и подготовка итоговых документов;
- разрешение конфликтных ситуаций и закрытие работ по проекту;
- накопление опытных данных для последующих проектов, анализ опыта, состояния, определение направлений развития.

При этом на обнаружение ошибок, допущенных на стадии (системного) проектирования, расходуется примерно в два раза больше времени, чем на последующих фазах, а их исправление обходится в пять раз дороже. Поэтому на начальных стадиях проекта разработку следует выполнять особенно тщательно. Наиболее часто на начальных фазах допускаются следующие ошибки:

- 1) ошибки в определении интересов заказчика;

- 2) концентрация на маловажных, сторонних интересах;
- 3) неправильная интерпретация исходной постановки задачи;
- 4) неправильное или недостаточное понимание деталей;
- 5) неполнота функциональных спецификаций (системных требований);
- 6) ошибки в определении требуемых ресурсов и сроков;
- 7) редкая проверка на согласованность этапов и отсутствие контроля со стороны заказчика (нет привлечения заказчика).

Модели жизненного цикла ИС

Моделью жизненного цикла ИС будем называть некоторую структуру, определяющую последовательность выполнения процессов, действий и задач, выполняемых на протяжении ЖЦ ИС, а также взаимосвязи между этими процессами, действиями и задачами.

К настоящему времени наибольшее распространение получили следующие две основные модели ЖЦ:

- *каскадная модель* (70-85 г.г.);
- *спиральная модель* (86-90 г.г.).

Каскадная модель ЖЦ

Основной характеристикой каскадного способа является разбиение всей разработки на этапы, причем переход с одного этапа на следующий происходит только после того, как будет полностью завершена работа на текущем (рис.).

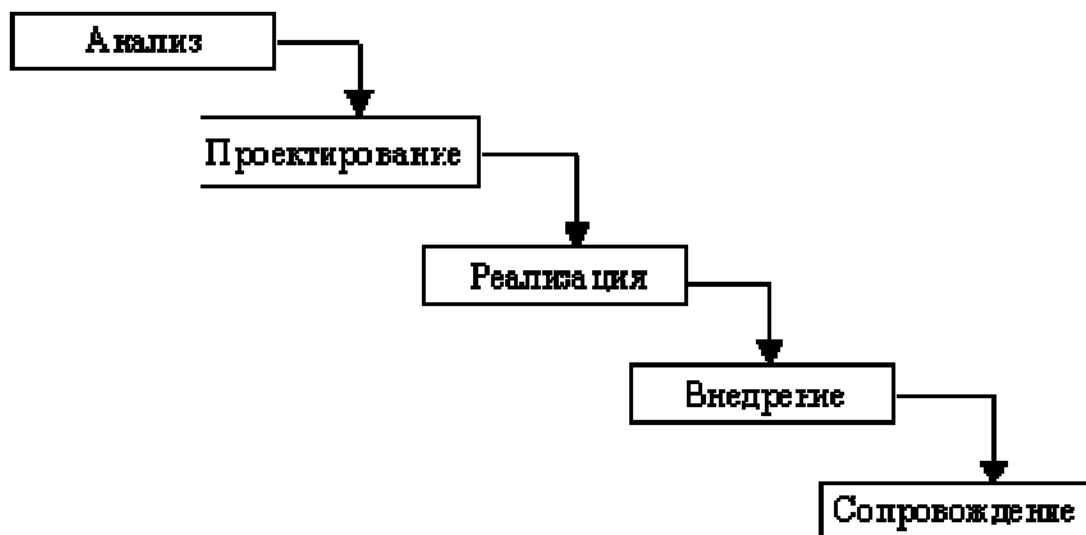


Рис. Каскадная схема разработки ПО

Создание системы рассматривается как однократная последовательность стадий и этапов. Каждый этап завершается выпуском полного комплекта документации, достаточной для того, чтобы разработка могла быть продолжена другой командой разработчиков.

Достоинства каскадного подхода:

- 1) на каждом этапе формируется законченный набор проектной документации, отвечающий критериям полноты и согласованности;
- 2) выполняемые в логичной последовательности этапы работ позволяют планировать сроки завершения всех работ и соответствующие затраты.

Недостатки каскадного подхода выявились в процессе его использования. Дело в том, что реальный процесс создания ПО почти никогда полностью не укладывается в жесткую схему каскадной модели. В процессе создания ПО может возникнуть потребность возврата к предыдущему этапу и уточнения или пересмотра ранее принятых решений.

В результате реальный процесс создания ПО часто принимает следующий вид (рис.):

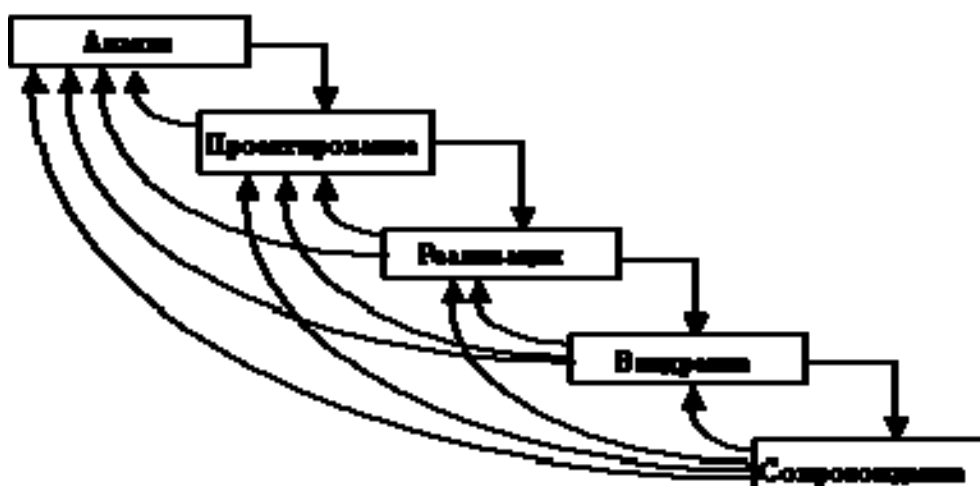


Рис. Реальный процесс разработки ПО по каскадной схеме

Основной недостаток каскадного подхода – существенное запаздывание с получением результатов. Согласование результатов с пользователями производится только в точках, планируемых после завершения каждого этапа работ, требования к ИС «заморожены» в виде технического задания на все время ее создания.

Таким образом, пользователи могут внести свои замечания только после того, как работа над системой будет полностью завершена. В случае неточного изложения требований или их изменения в течение длительного периода создания ПО, пользователи получают систему, не удовлетворяющую их потребностям. Модели (как функциональные, так и информационные) автоматизируемого объекта могут устареть одновременно с их утверждением.

Область применения каскадного подхода (где каскадный подход хорошо зарекомендовал себя):

- 1) однородные ИС, где каждое приложение представляет собой единое целое;
- 2) ИС, для которых в самом начале разработки можно достаточно точно и полно сформулировать все требования, с тем чтобы предоставить разработчикам свободу реализовать их как можно лучше с технической точки

зрения. В эту категорию попадают сложные расчетные системы, системы реального времени и другие подобные системы.

Oracle CDM (Custom Development Method, **CDM**) – методика разработки ИС небольших масштабов на основе Oracle, ориентированная на использование *каскадной модели ЖЦ*.

Методика разработки Oracle CDM (Custom Development Method)

Компания Oracle, долгие годы специализирующаяся в области средств автоматизации процессов разработки сложных информационных систем, ориентированных на интенсивное использование баз данных, предлагает свою методику. Программный комплекс разработчика, выпускаемый Oracle, носит название Oracle Designer (раннее Oracle CASE). *Основные положения методики Oracle:*

- 1) проектирование имеет структурный нисходящий характер, весь процесс разработки системы представляется в виде последовательности чётко определённых этапов;
- 2) поддержка осуществляется на всех этапах жизненного цикла системы, начиная от общих предложений и заканчивая сопровождением готового продукта;
- 3) предпочтение отдаётся архитектуре клиент-сервер, включая сложные структуры распределённых баз данных;
- 4) во время разработки все спецификации проекта хранятся в специальной базе данных (репозитории). Данное средство включено в состав ПО Designer и работает под управлением СУБД Oracle. Репозиторий позволяет подключаться к нему большому числу пользователей с различными уровнями прав доступа путём стандартных средств СУБД Oracle. В результате все действия разработчиков становятся строго согласованными, невозможно независимое действие каждого из них;

- 5) последовательный переход от одного этапа к другому автоматизирован благодаря использованию специальных утилит. С помощью них по спецификациям концептуальной стадии можно получить первоначальный вариант спецификации уровня проектирования. В дальнейшем генерация дополнений значительно упрощается;
- 6) стандартные действия этапов проектирования и разработки автоматизированы. В любой момент может быть сгенерирован любой объём отчётов по содержимому репозитория, которые обеспечивают документирование текущей версии системы на всех этапах её разработки. Имеются специальные процедуры, позволяющие осуществить проверку спецификаций на полноту и непротиворечивость.

Методика Oracle предлагает свой вариант структуры жизненного цикла информационной системы:

- 1) **формирование стратегии.** Здесь происходит моделирование и анализ процессов, которые описывают деятельность организации, особенности работы. Конечная цель – создание моделей процессов, выявление возможностей их усовершенствования. Этап не обязателен, если существующие технологии и организационные структуры чётко определены, хорошо изучены и в целом понятны;
- 2) **анализ.** На этом этапе происходит разработка детальных концептуальных моделей, которые описывают информационные потребности организации, особенности функционирования. В результате формируются модели двух типов: информационные (они отражают структуру и общие закономерности предметной области) и функциональные (описывают особенности решаемых задач);
- 3) **проектирование.** Здесь начальные требования к системе преобразуются в детальные спецификации. Специальные утилиты, входящие в состав ПО Oracle, значительно упрощают эту процедуру;
- 4) **реализация.** На этом этапе разрабатываются и тестируются приложения, входящие в состав будущей ИС. ПО Oracle содержит специальные гене-

раторы приложений, которые предельно автоматизируют этот этап, обычно самый сложный и продолжительный. Сроки разработки значительно снижаются;

- 5) **внедрение.** На этой стадии система устанавливается, подготавливается к началу эксплуатации. Происходит подготовка персонала;
- 6) **эксплуатация.** Поддержка системы, планирование будущих дополнений и изменений.

Интересно отметить, что Oracle не рассматривает такую стадию существования ИС, как снятие с эксплуатации. То есть разработчик, применяющий методику и ПО Oracle, автоматически «подсаживается» на него. Другое дело, что удобство средств разработки во многом оправдывает такую зависимость.

Особенности методики Oracle CDM:

- 1) по степени адаптивности методика CDM предлагает три модели жизненного цикла: *классическая* – предусматривает все этапы, *быстрая разработка* – с использованием инструментов моделирования и программирования Oracle, *облегченный подход* – для малых проектов;
- 2) методикой не предусмотрено включение дополнительных задач, которые не оговорены в CDM, не предусмотрена тем более привязка их к остальным. Кроме того, невозможно удаление задачи и порождаемых ею документов, которое не было предусмотрено ни в одной из трёх моделей жизненного цикла ИС, невозможно изменение последовательности выполнения задач относительно предложенной;
- 3) модель жизненного цикла ИС в Oracle CDM является, по сути, каскадной;
- 4) методика не является обязательной, хотя и является фирменным стандартом, однако в случае использования ПО Oracle иной подход маловероятен;
- 5) методика опирается на использование ПО разработчика от Oracle, приспособление её к другим средствам затруднительно.

Спиральная модель ЖЦ

Поскольку программные проекты отличаются от других, например, строительных проектов, то и управлять ими тоже нужно по-другому. Наглядным подтверждением этого является тот факт, что к концу 1980-х гг. Министерство обороны США начало испытывать серьезные трудности с разработкой ПО в соответствии с жесткой, основанной на директивных документах и предусматривающей один проход модели, как это требовалось стандартом DoD-Std-2167A. Проведенная позже в 1999 проверка по выборке ранее утвержденных в Министерстве обороны проектов дала удручающие результаты. Из общего числа входящих в выборку проектов, на реализацию которых было выделено 37 млрд долл., 75% проектов закончились неудачей или выделенные на них средства не были использованы, и только 2% выделенных средств были использованы без значительной модификации проектов. В результате в конце 1987 г. Министерство отступило от стандартов на базе каскадной модели и допустило применение **итерационного подхода**.

Истоки концепции итерационной разработки прослеживаются в относящихся к 1930-м годам работах эксперта по проблемам качества продукции Уолтера Шеварта из компании Bell Labs, который предложил ориентированную на повышение качества методику, состоящую из серии коротких циклов шагов по планированию, реализации, изучению и действию (plan-do-study-act, PDSA). С 1940-х годов энергичным поборником PDSA стал известный авторитет в области качества Эдварде Деминг. В более поздних работах PDSA была исследована применительно к разработке ПО.

В середине 1980-х годов Барри Бозм предложил свой вариант итерационной модели под названием «*спиральная модель*» (spiral model).

Принципиальные особенности спиральной модели:

- отказ от фиксации требований и назначение приоритетов пользовательским требованиям;

- разработка последовательности прототипов, начиная с требований наивысшего приоритета;
- идентификация и анализ риска на каждой итерации;
- использование каскадной модели для реализации окончательного прототипа;
- оценка результатов по завершении каждой итерации и планирование следующей итерации.

При использовании спиральной модели прикладное ПО создается в несколько итераций (витков спирали) методом прототипирования. Под *прототипом* понимается действующий программный компонент, реализующий отдельные функции и внешние интерфейсы разрабатываемого ПО. Создание прототипов осуществляется в несколько итераций, или витков спирали. Каждая итерация соответствует созданию фрагмента или версии ПО, на ней уточняются цели и характеристики проекта, оценивается качество полученных результатов и планируются работы следующей итерации. На каждой итерации производится тщательная оценка риска превышения сроков и стоимости проекта, чтобы определить необходимость выполнения еще одной итерации, степень полноты и точности понимания требований к системе, а также целесообразность прекращения проекта.

Спиральная модель избавляет пользователей и разработчиков ПО от необходимости полного и точного формулирования требований к системе на начальной стадии, поскольку они уточняются на каждой итерации. Таким образом, углубляются и последовательно конкретизируются детали проекта, и в результате выбирается обоснованный вариант, который доводится до реализации.

Для преодоления перечисленных проблем была предложена **спиральная модель ЖЦ** (рис.), делающая упор на начальные этапы ЖЦ: *анализ и проектирование*.

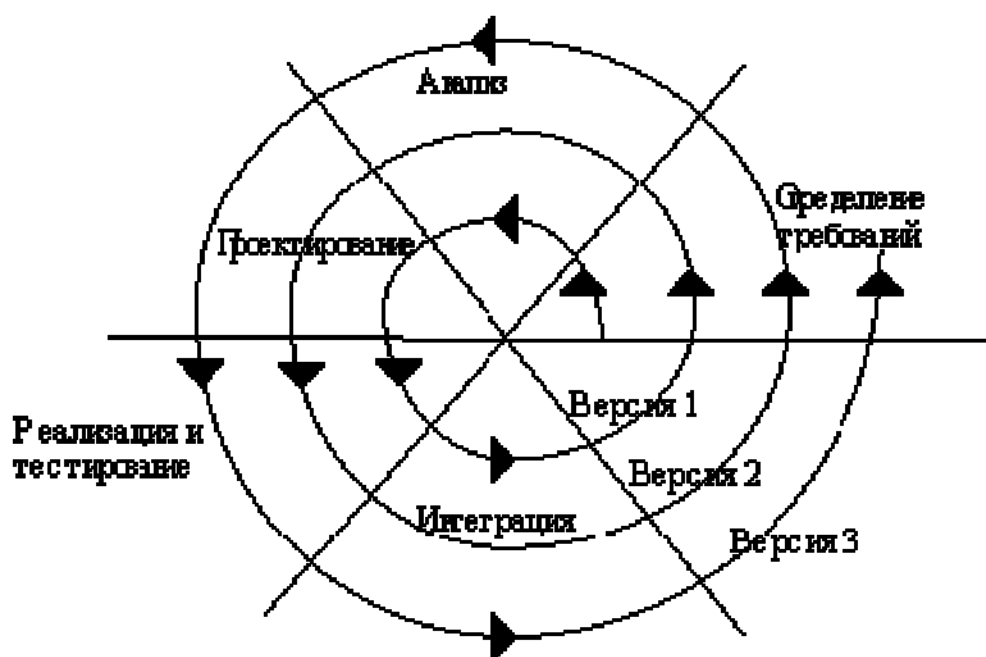


Рис. Спиральная модель ЖЦ

На этих этапах реализуемость технических решений проверяется путем *создания прототипов*. Каждый виток спирали соответствует созданию фрагмента или версии ПО, на нем уточняются цели и характеристики проекта, определяется его качество и планируются работы следующего витка спирали.

Таким образом, углубляются и последовательно конкретизируются детали проекта и в результате выбирается обоснованный вариант, который доводится до реализации.

Разработка итерациями отражает объективно существующий спиральный цикл создания системы.

Неполное завершение работ на каждом этапе позволяет переходить на следующий этап, не дожидаясь полного завершения работы на текущем.

При итеративном способе разработки недостающую работу можно будет выполнить на следующей итерации. Главная же задача – как можно быстрее показать пользователям системы работоспособный продукт, тем самым активизируя процесс уточнения и дополнения требований.

Основная проблема спирального цикла – определение момента перехода на следующий этап.

Для ее решения необходимо ввести временные ограничения на каждый из этапов жизненного цикла. Переход осуществляется в соответствии с *планом*, даже если не вся запланированная работа закончена. *План* составляется на основе статистических данных, полученных в предыдущих проектах, и личного опыта разработчиков.

В рамках спиральной модели была разработана *методология RAD* (Rapid Application Development, 1980 – разработка подхода, James Martin в IBM, 1991 – публикация), использующая инструментальные средства быстрой разработки ПО.

Методология быстрой разработки приложений RAD

Методология быстрой разработки приложений RAD (Rapid Application Development) основана на использовании *средств быстрой разработки приложений* и ориентирована на использование *спиральной модели ЖЦ*. При проектировании использует *объектно-ориентированные методы* описания предметной области. *Специфика RAD*:

- 1) небольшая команда программистов (от 2 до 10 человек). При этом команда разработчиков должна представлять из себя группу профессионалов, имеющих опыт в анализе, проектировании, генерации кода и тестировании ПО с использованием CASE-средств. Члены коллектива должны также уметь трансформировать в рабочие прототипы предложения конечных пользователей;
- 2) короткий, но тщательно проработанный производственный график (от 2 до 6 мес.);
- 3) повторяющийся цикл, при котором разработчики, по мере того, как приложение начинает обретать форму, запрашивают и реализуют в продукте требования, полученные через взаимодействие с заказчиком;

Основные принципы методологии RAD:

- разработка приложений итерациями;
- необязательность полного завершения работ на каждом из этапов жизненного цикла;
- обязательное вовлечение пользователей в процесс разработки ИС;
- обязательное применение CASE-средств, обеспечивающих целостность проекта;
- применение средств управления конфигурацией, облегчающих внесение изменений в проект и сопровождение готовой системы;
- необходимое использование генераторов кода;
- использование прототипирования, позволяющее полнее выяснить и удовлетворить потребности конечного пользователя;
- тестирование и развитие проекта, осуществляемые одновременно с разработкой;
- ведение разработки немногочисленной хорошо управляемой командой профессионалов (обычно от 2 до 10 человек);
- грамотное руководство разработкой системы, четкое планирование и контроль выполнения работ.

Жизненный цикл ПО по методологии RAD состоит из четырех фаз:

- 1) фаза анализа и планирования требований;
- 2) фаза проектирования;
- 3) фаза построения;
- 4) фаза внедрения.

1. На фазе анализа и планирования требований определяются функции системы, выделяются наиболее приоритетные из них, требующие проработки в первую очередь, описываются информационные потребности.

Определение требований выполняется в основном пользователями системы при помощи специалистов-разработчиков. Ограничивается масштаб проекта, определяются временные рамки для каждой из последующих фаз. Кроме то-

го, определяется сама возможность реализации данного проекта в установленных рамках финансирования, на данных аппаратных средствах и т.п.

Результат данной фазы:

- 1) список и приоритетность функций будущей ИС;
- 2) предварительные функциональные и информационные модели ИС.

2. На фазе проектирования пользователи принимают участие в техническом проектировании системы под руководством специалистов-разработчиков при помощи CASE-средств. Уточняются и дополняются требования к системе, которые не были выявлены на предыдущей фазе, а именно:

- более подробно рассматриваются процессы системы. Анализируется и, при необходимости, корректируется функциональная модель. Каждый процесс рассматривается детально. При необходимости для каждого элементарного процесса создается частичный прототип: экран, диалог, отчет, устраняющий неясности или неоднозначности;
- определяются требования разграничения доступа к данным;
- определяется набор необходимой документации;
- оценивается количество функциональных элементов разрабатываемой системы и принимается решение о разделении ИС на подсистемы, поддающиеся реализации одной командой разработчиков за приемлемое для RAD-проектов время (порядка 60 – 90 дней);
- с использованием CASE-средств проект распределяется между различными командами (делится функциональная модель).

Результат фазы проектирования:

- 1) общая информационная модель системы;
- 2) функциональные модели системы в целом и подсистем, реализуемых отдельными командами разработчиков;
- 3) точно определенные с помощью CASE-средства интерфейсы между автономно разрабатываемыми подсистемами;
- 4) построенные прототипы экранов, отчетов, диалогов.

Все модели и прототипы должны быть получены с применением тех CASE-средств, которые будут использоваться в дальнейшем при построении системы. Данное требование вызвано тем, что в традиционном подходе при передаче информации о проекте с этапа на этап может произойти фактически неконтролируемое искажение данных. Применение единой среды хранения информации о проекте позволяет избежать этой опасности.

В отличие от традиционного подхода, при котором использовались специфические средства прототипирования, не предназначенные для построения реальных приложений, а прототипы выбрасывались после того, как выполняли задачу устранения неясностей в проекте, в подходе RAD каждый прототип развивается в часть будущей системы. Таким образом, на следующую фазу передается более полная и полезная информация.

3. На фазе построения выполняется непосредственно сама быстрая разработка приложения. На данной фазе разработчики производят итеративное построение реальной системы на основе полученных в предыдущей фазе моделей, а также требований нефункционального характера.

Программный код частично формируется при помощи автоматических генераторов, получающих информацию непосредственно из репозитория CASE-средств.

Конечные пользователи на этой фазе оценивают получаемые результаты и вносят коррективы, если в процессе разработки система перестает удовлетворять определенным ранее требованиям.

Тестирование системы осуществляется непосредственно в процессе разработки.

После окончания работ каждой отдельной команды разработчиков производится постепенная интеграция данной части системы с остальными, формируется полный программный код, выполняется тестирование совместной работы данной части приложения с остальными, а затем тестирование системы в целом.

Завершение физического проектирования системы может выглядеть следующим образом:

- 1) определяется необходимость распределения данных;
- 2) производится анализ использования данных;
- 3) производится физическое проектирование базы данных;
- 4) определяются требования к аппаратным ресурсам;
- 5) определяются способы увеличения производительности;
- 6) завершается разработка документации проекта.

Результат фазы построения – готовая система, удовлетворяющая всем согласованным требованиям.

4. На фазе внедрения производится обучение пользователей, организационные изменения и параллельно с внедрением новой системы осуществляется работа с существующей системой (до полного внедрения новой).

Так как фаза построения достаточно непродолжительна, *планирование и подготовка к внедрению* должны начинаться заранее, как правило, на *этапе проектирования системы*.

Приведенная схема разработки ИС не является абсолютной. Возможны различные варианты, зависящие, например, от начальных условий, таких как:

- разрабатывается совершенно новая система;
- уже было проведено обследование предприятия и существует модель его деятельности;
- на предприятии уже существует некоторая ИС, которая а) может быть использована в качестве начального прототипа или б) должна быть интегрирована с разрабатываемой.

Ограничения методологии RAD. Как и любая методология, RAD, несмотря на все достоинства, не может претендовать на универсальность. Ее применение наиболее эффективно при выполнении сравнительно небольших систем, разрабатываемых для вполне определенного предприятия. Методология

RAD неприменима:

- 1) для создания *типовых ИС*, которые не являются законченным программным продуктом, а представляют собой совокупность типовых элементов ИС, и где большое значение имеют такие показатели проекта, как управляемость и качество, что может войти в противоречие с простотой и скоростью разработки. Для типовых проектов, которые обычно централизованно сопровождаются и могут быть адаптированы к различным программно-аппаратным платформам, СУБД, коммуникационным средствам, а также интегрироваться с существующими разработками, необходим высокий уровень планирования и жесткая дисциплина проектирования, строгое следование заранее разработанным протоколам и интерфейсам, что снижает скорость разработки;
- 2) для построения программ, требующих написания большого объема уникального кода, например: *сложных расчетных программ, операционных систем, программ управления сложными инженерно-техническими объектами*;
- 3) для разработки приложений, в которых интерфейс пользователя является вторичным, т.е. отсутствует наглядное определение логики работы системы, например для создания приложений реального времени, драйверов и служб;
- 4) для разработки систем, от которых зависит безопасность людей, например, систем управления транспортом или АЭС. Это обусловлено тем, что итеративный подход, являющийся одной из основ RAD, предполагает, что первые версии системы не будут полностью работоспособны.

1.6. Предпроектное обследование объекта автоматизации

Задачи и этапы предпроектного обследования объекта автоматизации

Обследование предприятия является важным и определяющим этапом проектирования ИС и при правильном подходе позволяет сократить эксплуатационные расходы и время на исправление ошибок, обнаруживаемых после сдачи системы.

Предпроектное обследование обычно состоит из трех этапов:

- 1) предварительное обследование (сбор сведений об объекте);
- 2) анализ сведений;
- 3) оценка эффективности и целесообразности ИТ-проекта.

На каждом этапе применяются различные методы исследования систем управления (гл. 2 – 3).

На предварительном этапе обследования решаются следующие задачи:

- предварительное выявление требований к будущей системе;
- определение структуры организации;
- определение перечня целевых функций организации;
- анализ распределения функций по подразделениям и сотрудникам;
- выявление функциональных взаимодействий между подразделениями, информационных потоков внутри подразделений и между ними, внешних информационных воздействий;
- анализ существующих средств автоматизации организации и др.

Для сбора сведений об объекте автоматизации и для анализа полученных результатов используются различные методы исследований систем управления (гл. 2).

Длительность предварительного обследования обычно составляет 1-2 недели. В течение этого времени системный аналитик должен обследовать не более 2-3 видов деятельности (учет кадров, бухгалтерия, перевозки, маркетинг и

др.).

Сбор информации для построения *полной бизнес-модели организации* часто сводится к изучению документированных информационных потоков и функций подразделений, а также производится путем интервьюирования и анкетирования.

К началу работ по обследованию организация обычно предоставляет комплект документов, в состав которого обычно входят:

- 1) сводная информация о деятельности предприятия (оргструктура, информация об управленческой, финансово-экономической, производственной деятельности предприятия, сведения об учетной политике и отчетности);
- 2) регулярный документооборот предприятия (реестры входящей, исходящей и внутренней информации (табл.));
- 3) сведения об инфраструктуре предприятия;
- 4) сведения об ответственных лицах и исполнителях.

Таблица

Реестры информации

РЕЕСТР ВХОДЯЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ						
(Наименование предприятия)		(Наименование подразделения)		Характеристики обработки документов		
№	Наименование и назначение документа	Кто обрабатывает	Откуда поступает	Трудоемкость	Периодичность, регламент	Способ получения
РЕЕСТР ВНУТРЕННЕЙ ИНФОРМАЦИИ						
(Наименование предприятия)		(Наименование подразделения)		Характеристики обработки документов		
№	Наименование и назначение документа	Кто обрабатывает	Кому передается	Трудоемкость	Периодичность, регламент	Способ получения
РЕЕСТР ИСХОДЯЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ						
(Наименование предприятия)		(Наименование подразделения)		Характеристики обработки документов		
№	Наименование и назначение документа	Кто обрабатывает	Куда поступает	Трудоемкость	Периодичность, регламент	Способ получения

Один из методов исследования, который может быть применен на этапе сбора сведений – *интервьюирование*.

Списки вопросов для интервьюирования и анкетирования составля-

ются по каждому обследуемому подразделению и утверждаются руководителем компании. Это делается с целью:

- предотвращения доступа к конфиденциальной информации;
- усиления целевой направленности обследования;
- минимизации отвлечения сотрудников предприятий от выполнения должностных обязанностей.

Общий перечень вопросов (с их последующей детализацией) включает следующие пункты:

- основные задачи подразделений;
- собираемая и регистрируемая информация;
- отчетность;
- взаимодействие с другими подразделениями.

Анкеты для руководителей и специалистов могут содержать следующие вопросы:

- каковы (с позиций вашего подразделения) должны быть цели создания интегрированной системы управления предприятием;
- организационная структура подразделения;
- задачи подразделения;
- последовательность действий при выполнении задач;
- с какими типами внешних организаций (банк, заказчик, поставщик и т.п.) взаимодействует подразделение и какой информацией обменивается;
- каким справочным материалом вы пользуетесь;
- сколько времени (в минутах) вы тратите на исполнение основных операций; на какие даты приходятся «пиковые нагрузки» (периодичность в месяц, квартал, год и т.д.); техническое оснащение подразделения (компьютеры, сеть, модем и т.п.); используемые программные продукты для автоматизации бизнес-процессов;

- какие отчеты и как часто вы готовите для руководства; ключевые специалисты подразделения, способные ответить на любые вопросы по бизнес-процессам, применяемым в подразделении;
- характеристики удаленных объектов управления;
- документооборот на рабочем месте.

Собранные таким образом данные, как правило, не охватывают всех существенных сторон организационной деятельности и обладают высокой степенью субъективности. И самое главное, что такого рода обследования не выявляют устойчивых факторов, связанных со специфическими особенностями организации, воздействовать на которые можно исключительно методами функциональной настройки организационной системы.

Анализ опросов руководителей обследуемых организаций и предприятий показывает, что их представления о структуре организации, общих и локальных целях функционирования, задачах и функциях подразделений, а также подчиненности работников иногда имеют противоречивый характер. Кроме того, эти представления подчас расходятся с официально декларируемыми целями и правилами или противоречат фактической деятельности.

Если структуру информационных потоков можно выявить по образцам документов и конфигурациям компьютерных сетей и баз данных, то структура реальных микропроцессов, осуществляемых персоналом в информационных контактах (в значительной мере недокументированных) остается неизвестной.

Ответы на эти вопросы может дать *структурно-функциональная диагностика*, основанная на методах сплошной (или выборочной) фотографии рабочего времени персонала. Цель диагностики – получение достоверного знания об организации и организационных отношениях ее функциональных элементов.

В связи с этим к важнейшим задачам функциональной диагностики организационных структур относятся:

- классификация субъектов функционирования (категорий и групп работников);

- классификация элементов процесса функционирования (действий, процедур);
- классификация направлений (решаемых проблем), целей функционирования;
- классификация элементов информационных потоков;
- проведение обследования деятельности персонала организации;
- исследование распределения (по времени и частоте) организационных характеристик: процедур, контактов персонала, направлений деятельности, элементов информационных потоков – по отдельности и в комбинациях друг с другом по категориям работников, видам процедур и их направлениям (согласно результатам и логике исследований);
- выявление реальной структуры функциональных, информационных, иерархических, временных, проблемных отношений между руководителями, сотрудниками и подразделениями;
- установление структуры распределения рабочего времени руководителей и персонала относительно функций, проблем и целей организации;
- выявление основных технологий функционирования организации (информационных процессов, включая и недокументированные), их целеполагания в сравнении с декларируемыми целями организации;
- выявление однородных по специфике деятельности, целевой ориентации и реальной подчиненности групп работников, формирование реальной модели организационной структуры и сравнение ее с декларируемой;
- определение причин рассогласования декларируемой и реальной структуры организационных отношений.

Сплошной «фотографией» рабочего времени называется непрерывное наблюдение и регистрация характеристик работников в процессе функционирования в течение всего рабочего дня. При этом индицируемые параметры последовательно вносятся в заранее заготовленную рабочую таблицу. Ниже представлена форма рабочей таблицы системного аналитика (табл. ...):

Форма рабочей таблицы системного аналитика

№	Агент	Время	Процедура	Содержание	Информация	Инициатива	Контрагент	Отношение	Проблем	Примечание
1	2*	3*	4	5*	6	7*	8*	9	10	11

Сразу по окончании процедуры обследования таблица пополняется дополнительными характеристиками: технологическая ветвь, системная функция, предмет, аспект, эмоциональный фон и др. Часть показателей, те, что помечены звездочкой, заполняются в процессе обследования, остальные – после. Содержание записей следующее:

- номер (по порядку);
- агент (должность обследуемого работника);
- время, в течение которого выполнялась процедура;
- процедура (наименование содержания совокупности элементарных действий, объединенных общностью решаемой частной задачи);
- содержание (суть процедуры, которая должна быть классифицирована);
- информация (направление движения информации между агентом и контрагентом);
- инициатива (инициатор начала выполнения данной процедуры);
- контрагент (должность работника, который находится с обследуемым в контакте);
- отношение (отражающая субординацию агента и контрагента форма взаимодействия в данной процедуре);
- проблема (словесная характеристика решаемой проблемы).

Результатом предпроектного обследования должен явиться «*Отчет об экспресс-обследовании предприятия*», структура которого приведена ниже.

1. Краткое схематичное описание бизнес-процессов (например: управление закупками и запасами, управление производством, управление продажами, управление финансовыми ресурсами).
2. Основные требования и приоритеты автоматизации.
3. Оценка необходимых для обеспечения проекта ресурсов заказчика.
4. Оценка возможности автоматизации, предложения по созданию автоматизированной системы с оценкой примерных сроков и стоимости.

Документы, входящие в отчет об обследовании, могут быть представлены в виде текстового описания или таблиц, примерная форма которых приведена в табл.

Таблица

Основные бизнес процессы предприятия

№	Б-П Наименование бизнес-процесса
1.	Продажи: сеть, опт
2.	План закупок
3.	Размещение заказа на производство
4.	Производство собственное
5.	Закупка сырья
6.	Платежи
7.	Другие

Таблица

Операции бизнес-процесса

Операция	Исполнитель	Как часто	Входящие документы (документы-основания)	Исходящий документ (составляемый документ)
----------	-------------	-----------	--	--

Таблица

Описание документов бизнес-процесса

Составляемый документ (исходящий документ)	Операция	Кто составляет (исполнитель)	Как часто	Документы-основания (входящие документы)
--	----------	------------------------------	-----------	--

Информация, полученная в результате предпроектного обследования, анализируется с помощью методов структурного и/или объектного анализа и используется для построения моделей деятельности организации. Модель организации предполагает построение двух видов моделей:

- модели «как есть», отражающей существующее на момент обследования положение дел в организации и позволяющей понять, каким образом функционирует данная организация, а также выявить узкие места и сформулировать предложения по улучшению;
- модели «как должно быть», отражающей представление о новых технологиях работы организации. Каждая из моделей включает в себя полную функциональную и информационную модель деятельности организации, а также модель, описывающую динамику поведения организации (в случае необходимости).

В качестве основного каркаса, объединяющего и систематизирующего все знания по бизнес-модели, можно использовать референтную модель.

Референтная модель – это модель эффективного бизнес-процесса, созданная для предприятия конкретной отрасли, внедренная на практике и предназначенная для использования при разработке/реорганизации бизнес-процессов на других предприятиях.

По сути, референтные модели представляют собой эталонные схемы организации бизнеса, разработанные для конкретных бизнес-процессов на основе реального опыта внедрения в различных компаниях по всему миру. Они включают в себя проверенные на практике процедуры и методы организации управления. Референтные модели позволяют предприятиям начать разработку собственных моделей на базе уже готового набора функций и процессов.

Референтная модель бизнес-процесса представляет собой совокупность логически взаимосвязанных функций. Для каждой функции указывается исполнитель, входные и выходные документы или информационные объекты. Элементы (функции и документы) референтной модели бизнес-процесса содержат ссылки на соответствующие объекты ИС, а также документы и другую информацию (пользовательские инструкции, ответственных разработчиков), расположенную в репозитории проекта. Отсюда и название – референтная модель (в переводе с английского – ссылочная модель).

Подробный обзор методов исследования систем управления, применяе-

мых на всех стадиях предпроектного обследования объекта автоматизации представлен в следующих главах.

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ (ИСУ)

2.1. Основные понятия ИСУ

Методологический подход при ИСУ. *Методологический подход* – система знаний, методов, понятийно-методическая база исследования, характеризующаяся определенным аспектом рассмотрения проблем. В рамках одного методологического подхода могут существовать ряд разных теорий, взглядов, положений, имеющих одну и ту же концептуальную основу исследования.

Для проведения научного исследования необходимо методологией, исследовательскими приемами и методами. При проведении исследований на предприятиях перед исследователями ставятся цели, требующие не только анализа и выявления проблем, но и обоснования рекомендаций, предложенных для их разрешения. Оценка состояния, диагностика, профилактика негативных тенденций, поиск «узких мест» в системе управления, определение новых направлений деятельности требуют от менеджера системного видения, владения научно-категориальным аппаратом исследования. Для достижения цели исследования необходимо четко определить основные понятия: объект, предмет, новизну, практическую значимость, методы исследования; знать технологии управления, уметь определять проблему в исследовании процессов и систем управления, осуществлять системный анализ факторов прямого и косвенного воздействия, понимать эффективность, ограничения и условия использования различных методов.

Теоретические основы исследования – научные подходы, теории, концепции, парадигмы – позволяют сравнить разные точки зрения на исследуемую проблему и на основе теоретического анализа сформировать собственное видение проблемы и возможные пути ее разрешения; из всей группы анализируемых методов выбрать те, которые будут адекватны ситуации, сложившейся на

предприятия. Исследование в любой из функциональных подсистем менеджмента должно сопровождаться расчетами, анализом количественных и качественных параметров.

Значительное место в организации исследования на предприятиях занимает работа с информацией, ее анализ, идентификация, классификация и обработка данных. Банк данных предприятий включает большую группу документов, которые могут являться информационной основой исследования. Это устав, баланс и другие документы финансовой отчетности, структура, приказы, отчеты функциональных служб, планы, протоколы, нормативные документы, рекламации и т.д. Получение данных экспертной оценки и социологические опросы существенно расширяют проблемное поле исследования, позволят восполнить недостаток информации, полученной из других источников.

Взаимосвязь теории и практики. Теория в научном исследовании неразрывна с практикой. Практика дает информацию, «ключ к размышлению», проблему, требующую решения, а теория располагает наработанным комплексом понятий, категорий и методов. Теория, полученные знания, научные достижения вновь и вновь апробируются практикой.

Научное исследование – это один из видов познавательной деятельности, процесс выработки новых научных знаний, характеризуется полнотой, достоверностью, объективностью, воспроизводимостью, доказательностью, точностью и определенной степенью новизны.

Исследование систем управления – это вид деятельности, направленный на развитие и совершенствование управления в соответствии с постоянно изменяющимися внешними и внутренними условиями.

Предмет исследования, то есть то, что изучает исследователь с целью решения проблем на объекте, это в ИСУ:

- 1) система знаний, умений и навыков;
- 2) методы и способы;
- 3) факторы внешней и внутренней среды;

4) процессы, происходящие в организации.

Объектом исследования в менеджменте является **организация** и ее **подсистемы** – реальные физические объекты, измеряемые качественными и количественными показателями.

Научное исследование, как правило, проводится в предметных рамках определенного научного подхода с использованием **группы научных методов**. Например, **экономические** исследования систем управления проводят для **анализа риска** и определения перспектив деятельности организации. При этом для определения риска можно использовать различные методы, такие как, *статистический, экспертный и комбинированный*.

Цели ИСУ: улучшение, изменение (реинжиниринг) или автоматизация систем управления.

Основные типы ИСУ: *экономические, социологические, маркетинговые*, а также: социально-экономические эксперименты, аудит как исследование, прогнозные и плановые исследования, отчетные и контрольные исследования, проектирование объектов испытаний, исследование качества продукции и исследования, проводимые в разных функциональных подсистемах менеджмента.

2.2. Типология методов ИСУ

Метод исследования – это способ получения нового знания, а также инструментарий, с помощью которого проводится исследование; совокупность приемов обработки информации, позволяющих достичь целей исследования. Выбор методов исследования, интеграция различных методов при проведении исследования определяется знанием, опытом и интуицией специалистов, проводящих исследование.

Все методы могут классифицироваться по следующим признакам:

- **по степени формализации и способу получения исходной информации** методы могут классифицироваться на *фактографические (формализованные)* и *интуитивные (экспертные)*.

- **по охвату проблемы** исследования методы могут быть направлены па исследование отдельных сторон проблемы (объекта, явления) или на исследование ее целостных свойств (системные методы).
- **по составу** методы бывают *сингулярные (отдельные)* или *комплексные* (включают несколько отдельных методов исследования).
- **по характеру подхода к исследованию** методы бывают *нормативными* (отвечающими на вопрос – как должно быть? и предполагающими достижение некоторой цели) и *дескриптивными* (объясняющие наблюдаемые факты и отвечающие на вопрос – как это происходит? или как это может дальше развиваться?).
- **по направлению исследований** можно выделить методы *анализа, диагностики, прогнозирования, синтеза*.

Существуют и другие признаки классификации.

Всю совокупность методов исследования можно разбить, например, на три большие группы:

- **методы основанные на использовании знаний и интуиции специалистов** (*экспертные методы*);
- **методы формализованного представления систем**, основанные на использовании математических, экономико-математических методов и методов моделирования; среди них можно выделить следующие классы:
 - *аналитические* – включают методы классической математики (интегральное исчисление, дифференциальное исчисление, методы поиска экстремумов функции, вариационное исчисление, методы математического программирования, теория игр);
 - *статистические* – включают теоретические разделы математики (математическую статистику, теорию вероятностей) и направления прикладной математики, использующие стохастические представления – теорию массового обслуживания, методы статистических испытаний, методы выдвижения и проверки статистических гипотез и другие методы статистического имитационного моделирова-

ния);

- *теоретико-множественные*, логические, лингвистические, семиотические представления – разделы дискретной математики, составляющие теоретическую основу разработки разного рода языков моделирования, автоматизации проектирования, информационно-поисковых языков;
- *графические* – включают теорию графов и различные методы графического представления информации.
- **комплексированные методы** – сформировались путем интеграции экспертных и формализованных методов (комбинаторика, ситуационное моделирование, топология, графосемиотика и др).

В зависимости от уровня изучаемой проблемы, а также целей и задач исследование может носить *глобальный* или *локальный* характер. В соответствии с этим, методы исследования подразделяются на *частнонаучные* и *общенаучные*.

Частнонаучные методы предназначены для изучения узких или специфических проблем в определенной сфере. К частнонаучным методам можно отнести:

- методы социологических исследований;
- тестирование;
- методы экономического анализа – *модель «издержки-объем-прибыль»*, *коэффициентный анализ* (расчета финансовой устойчивости, рентабельности и т.д.), *сравнительный анализ проектов*, *бюджетирование*, *бухгалтерский учет*, *финансовый анализ*;
- параметрический метод;
- *факторный анализ*;
- *функционально-стоимостный анализ*;
- калькулирование;
- хронометраж;
- *фотография рабочего времени*;

- статистический метод;
- метод Парето (применяемый для выявления наибольших затрат, связанных с дефектами) и многие другие.

Частнонаучные методы применяют, как правило, для исследования определенной функциональной подсистемы менеджмента, например:

- методы социологических исследований и тестирование – для подсистемы управления персоналом,
- методы экономического анализа – для финансового менеджмента,
- метод Парето – для подсистемы управления качеством

и т.д.

Методы социологических исследований применяются для изучения проблем в функциональной подсистеме управления персоналом для исследования мотивации; удовлетворенности работников трудом; организационной культуры; способов усовершенствования организации труда; вопросов социальной ответственности бизнеса; отслеживания любых характеристик, связанных с социальными параметрами системы управления. *Основные методы социологических исследований:*

- определение выборочной совокупности;
- опрос респондентов;
- интервью;
- анкетирование;
- контент-анализ;
- аналитическое исследование;
- экспресс-анализ;
- пилотажное исследование;
- экспертный опрос.

Общенаучные методы ИСУ предназначены для исследования глобальных проблем междисциплинарного характера, применимы для исследований в

рамках следующих научных направлений: экономики, менеджмента, социологии, психологии и т.д. К общенаучным методам исследования в ИСУ относятся:

- *системный анализ* – предназначен для поиска решения проблем на объекте и в современных исследованиях по менеджменту является основополагающим;
- экспертные методы исследования;
- экономико-статистические методы;
- морфологический анализ;
- моделирование;
- методы диагностики проблем и т.д.

2.3. Примеры использования методов ИСУ

Примеры использования методов ИСУ

Рассмотрим некоторые из методов ИСУ, которые могут быть использованы при проектировании информационных систем.

Тестирование

Тестирование – метод психологической диагностики при исследовании систем управления. Применяют:

- для измерения индивидуальных различий работников при отборе персонала проекта и профессиональном обучении;
- при отборе экспертов в экспертных методах исследования.

Определение выборки может проводится разными методами:

- 1) по формуле: $n = 1^1 / (\delta^2 + 1/N)$, где δ – доверительный интервал допустимой ошибки, как правило берется в пределах 5 %; N – генеральная совокупность; n – выборочная совокупность;

- 2) по формуле: $n = \delta^2 t^1 / \Delta^2$, где n – выборочная совокупность; δ – дисперсия (степень однородности исследуемых единиц наблюдения); t – коэффициент доверия (заданная точность); Δ – предельная ошибка выборки.
- 3) квотным методом. Берется 10 % единиц наблюдения генеральной совокупности;
- 4) посредством определения статистических серий, т.е. однородных групп (гнезд).

Типы выборок:

- 1) квотная выборка – модель структуры генеральной совокупности, которая строится в виде квот (пропорций) распределения признаков изучаемых объектов;
- 2) гнездовая выборка – метод выделения в генеральной совокупности однородных групп (гнезд), имеющих схожие признаки. Серии, попавшие в выборку, могут подвергаться сплошному или выборочному обследованию;
- 3) шаговая выборка – систематическая случайная выборка, элементы которой отображены через какой-то определенный интервал исходного списка;
- 4) простая случайная выборка – выборка, формируемая из элементов генеральной совокупности, совпадающих с номерами из таблицы случайных чисел;
- 5) стихийная выборка – выборка, при которой критерии не задаются, практически опрос «первого встречного».

Валидность тестового компонента – показатель, характеризующий его способность устойчиво различать профессиональную компетентность испытуемых. Высоковалидный компонент фиксирует высокий балл у более подготовленных испытуемых и низкий – у менее подготовленных.

Экспертные методы исследования

Экспертные методы – это методы, основанные на использовании экспертов в качестве основных источников информации относительно исследуемого объекта. Применяются экспертные методы в изучении систем очень широко. Целью экспертного обследования может быть выработка рациональных рекомендаций по формированию или перестройке систем управления, исходя из принятых критериев эффективности, рациональных принципов управления, анализа и внедрения наиболее передовых технологий в области организации системы и т.д.

Экспертиза – получение необходимой информации об объективной реальности через субъективное восприятие людей (специалистов). Экспертные оценки – количественные, порядковые, бальные или другие оценки процессов или явлений, не поддающихся непосредственному измерению. Они основываются на суждениях специалистов. Сущность методов состоит в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с качественной и (или) количественной оценкой суждений и последующей формальной обработкой результатов.

К основным направлениям проведения экспертного исследования систем управления относятся:

- проведение исследования функций, целей, структуры и организационных связей системы управления;
- диагностический анализ особенностей, проблем, «узких мест» в действующей организации или в организациях, аналогичных вновь создаваемой;
- проведение экспертных опросов руководителей и членов организации для выявления и анализа отдельной характеристики функционирования систем;
- разработка и применение научных принципов формирования организационно-экономических структур управления и др.

Экспертные методы исследования основаны на анализе и усреднении мнений экспертов по рассматриваемым вопросам и часто включают процесс создания экспертной комиссии, состоящий из следующих этапов:

- 1) подбор экспертов. Осуществляется на основе *анализа компетентности экспертов*, определяемой путем объективной оценки и самооценки экспертов, а также способом стабилизации экспертной сети;
- 2) стабилизация экспертной сети (формирование генеральной совокупности специалистов) – отбор определенного количества экспертов по решаемой проблеме, которые выбирают еще такое же количество экспертов, и т.д. Процедура повторяется до образования достаточной сети экспертов;
- 3) формирование репрезентативной выборки из генеральной совокупности и создание необходимой экспертной комиссии.

Основным достоинством экспертных методов является возможность проведения исследований в условиях *неполной информации* и изучение *неструктурированных проблем*. В то же время в этих методах присутствует значительная доля субъективизма, которое может внести искажающее влияние в исследование. Повышение объективности результатов экспертных методов является важнейшей методической задачей при их использовании. Ее решение осуществляется посредством тщательной разработки экспертных процедур и применением формальных методов обработки полученных результатов.

Экспертные методы являются методами коллективной экспертизы, связаны с такими понятиями, как «мозговая атака», «сценарии», «дерево целей», «круглый стол» и т.п. Перечисленные термины характеризуют тот или иной подход к активизации, выявлению и обобщению мнений опытных специалистов-экспертов. Иногда все эти методы называют «экспертными». Однако есть и особый класс методов, связанных непосредственно с *опросом экспертов*, так называемый *метод экспертных оценок*. Он в большей мере, чем другие отражает суть методов, к которым вынуждены прибегать специалисты, когда они не только не могут сразу описать рассматриваемую проблему аналитическими зависимостями, но и не видят, какие из рассмотренных выше методов формали-

зованного представления систем могли бы помочь получить *модель для принятия решения*.

Возникновение экспертных методов, как правило, связано с конкретными условиями проведения исследований, или даже с именем автора подхода. Однако варианты последующего применения методов настолько разнообразны, что сейчас трудно говорить об однозначности использования приведенных терминов.

Методы экспертных оценок (МЭО). Изучению возможностей и особенностей применения экспертных оценок посвящено много работ. В них рассматриваются формы экспертного опроса (разные виды анкетирования, интервью), подходы к оцениванию (ранжирование, нормирование, различные виды упорядочения и т.д.), методы обработки результатов опроса, требования к экспертам и формированию экспертных групп, вопросы тренировки экспертов, оценки их компетентности, методики организации экспертных опросов. Выбор форм и методов проведения экспертных опросов, подходов к обработке результатов опроса и т.д. зависит от конкретной задачи и условий проведения экспертизы. Однако существуют некоторые общие проблемы, которые нужно помнить специалисту по системному анализу.

Возможность использования экспертных оценок, обоснование их объективности обычно базируется на том, что неизвестная характеристика исследуемого явления трактуется как случайная величина, отражением закона распределения которой является индивидуальная оценка специалиста-эксперта о достоверности и значимости того или иного события. При этом предполагается, что истинное значение исследуемой характеристики находится внутри диапазона оценок, получаемых от группы экспертов, и что обобщенное коллективное мнение является достоверным.

Однако в некоторых теоретических исследованиях это предположение подвергается сомнению. Например, предлагается разделить проблемы, для решения которых применяются экспертные оценки, на два класса. К первому классу относятся проблемы, которые достаточно хорошо обеспечены инфор-

мацией и для которых можно использовать принцип «хорошего измерителя», считая эксперта хранителем большого объема информации, а групповое мнение экспертов – близким к истинному. Ко второму классу относятся проблемы, в отношении которых знаний для уверенности в справедливости названных предположений недостаточно; экспертов нельзя рассматривать как «хороших измерителей», и необходимо осторожно подходить к обработке результатов экспертизы, поскольку в этом случае мнение одного (единичного) эксперта, больше внимания уделяющего исследованию малоизученной проблемы, может оказаться наиболее значимым, а при формальной обработке оно будет утрачено. В связи с этим к задачам второго класса в основном должна применяться качественная обработка результатов.

Задачи коллективного принятия решений по формированию целей, совершенствованию методов и форм управления обычно можно отнести к первому классу. Однако при разработке прогнозов и перспективных планов целесообразно выявлять «редкие» мнения и подвергать их более тщательному анализу.

Особенность *экспертных оценок* заключается в том, что они несут в себе не только узко субъективные черты, присущие отдельным экспертам, но и коллективно-субъективные черты, которые не исчезают при обработке результатов опроса. Иными словами, на экспертные оценки нужно смотреть как на некоторую «общественную точку зрения», зависящую от уровня научно-технических знаний общества относительно предмета исследования, которая может меняться по мере развития системы и наших представлений о ней. Следовательно, экспертный опрос – это не одноразовая процедура. Такой способ получения информации о сложной проблеме, характеризующейся большой степенью неопределенности, должен стать своего рода «механизмом» в сложной системе, т.е. необходимо создать *регулярную систему работы с экспертами*.

Следует обратить также внимание на то, что использование классического частотного подхода к оценке вероятности при организации проведения экспертных опросов бывает затруднительным, а иногда и невозможным (из-за невозможности доказать правомерность использования представительности вы-

борки). Поэтому в настоящее время ведутся исследования характера вероятности экспертной оценки, базирующиеся на теории размытых множеств, на представлении об экспертной оценке как степени подтверждения гипотезы или как вероятности достижения цели. Одной из разновидностей экспертного метода является метод изучения сильных и слабых сторон организации, возможностей и угроз ее деятельности – *метод SWOT-анализа*.

Метод экспертных оценок (МЭО) является научным методом анализа и принятия решений в сложных неформализованных объектах. В МЭО неизвестная характеристика исследуемого явления трактуется как случайная величина, отражением закона распределения которой является индивидуальная оценка специалиста-эксперта достоверности и значимости того или иного события.

Применяя МЭО в процессе принятия решений выделяют этапы *подбора экспертов, проведения опроса и обработки его результатов*. Вид опроса предопределяет разновидность МЭО.

Модификациями МЭО являются следующие методы: *анкетирование, интервью, дискуссия, мозговой штурм, метод Дельфи, а также круглый стол, экспертный опрос, метод сценариев, метод средневзвешенных оценок, деловая игра, японский метод «ринги»*. Из перечисленных, наиболее перспективен *метод Дельфи*, предложенный в 1964 г. сотрудниками американской научно-исследовательской корпорации РЭНД О. Хелмером и Т. Гордоном. В конце 60-х годов XX века В.М. Глушков предложил *метод программного прогнозирования*, в котором идеи дельфийского метода получили развитие на основе использования аппарата *сетевого планирования* и управления.

Интервью (англ. *interview*) – опрос человека по профессиональной или личной тематике, проводящийся специалистом с целью получение определенных сведений. Если обратиться к семантике английского слова интервью, то оно состоит из префикса *inter*, имеющего значение взаимодействия, взаимонаправленности, и слова *view*, одно из значений которого – взгляд, мнение. Стало быть, интервью – обмен мнениями,

взглядами, фактами, сведениями.

Метод интервью отличается строгой организованностью и неравноценностью функций собеседников – интервьюер задаёт вопросы субъекту-респонденту, при этом он не ведёт с ним активного диалога, не высказывает своего мнения и открыто не обнаруживает своей личной оценки ответов испытуемого или задаваемых вопросов. В задачи интервьюера входит сведение своего влияния на содержание ответов респондента к минимуму и обеспечение благоприятной атмосферы общения. Цель интервью с точки зрения психолога – получить от респондента ответы на вопросы, сформулированные в соответствии с задачами всего исследования.

Хотя интервью и другие методы опросов принято считать социологическими методиками, они с успехом могут применяться и в других дисциплинах, причем не только гуманитарных (например, в медицине). Граница между смежными научными дисциплинами, такими как экономика и экономическая социология, вообще условна, но в любом случае она должна проводиться не столько по методу исследования, сколько по предмету, объекту и проблематике. Метод как таковой, таким образом, междисциплинарен, и границы его применения должны определяться исключительно прагматическими соображениями, т.е. его способностью давать релевантную информацию. Другое дело, что специфика объекта и проблематики исследования накладывают существенный отпечаток на метод в смысле его адаптации, или «настройки». Известно, что в правилах использования тех или иных методов как бы закодированы те познавательные задачи, для решения которых они могут быть использованы. Разработанные наукой разновидности методик опроса представляют собой по сути примеры адаптации того или иного метода к специфике различных исследовательских задач. Указанные задачи и используемые для их решения методы часто настолько различаются, что необоснованный перенос методических, организационных и технических правил их проведения из одной сферы в другую порождает нелепые, комические, а порой и стрессовые ситуации, обесмысливая при этом

результаты исследования.

При проведении маркетинговых исследований с помощью метода интервью, менеджер руководствуется, в первую очередь, теми задачами, на решение которых направлено данное исследование – будет ли это статистический сбор данных, либо более глубокое и тщательное изучение тех или иных вопросов. Так, выделяют два основных вида исследований – *качественное интервью* и *количественное интервью*.

Качественные методы интервьюирования. Данный тип методов исследований позволяет получить очень подробные данные о поведении, мнении, взглядах, отношениях очень небольшой группы лиц. Полученные данные позволяют получить хорошее представление об образе мыслей потребителей. Основные качественные методы исследований: *глубинные интервью*, *фокус-группы*.

Глубинные (экспертные) интервью – это индивидуальная беседа, проводимая по заранее разработанному сценарию. Глубинное интервью предполагает получение от респондента (специалисты, имеющие определенный высокий статус, часто занимающие какую-либо руководящую должность и обладающие компетентностью в изучаемой области) развернутых ответов на вопросы, а не заполнение формальной анкеты. Хотя интервьюер придерживается некоего общего плана интервью, порядок вопросов и их формулировки могут существенно меняться, в зависимости от того, что говорит респондент. При использовании метода углубленных интервью на высказывания респондента не влияют окружающие (как это происходит, например, в фокус-группах). Глубинные интервью базируются на использовании методик, побуждающих респондентов к продолжительным и обстоятельным рассуждениям по интересующему исследователя кругу вопросов. Это позволяет добраться до самых мелких деталей, выяснить все аспекты поведения и реакций респондентов, которые могут быть важны для решения задач исследования. Проведение глубинного интервью требует очень высокой квалификации интервьюера. Интервью проводится при личной

встрече в отсутствие посторонних лиц, либо по телефону, если это допускается характером исследования. Глубинное интервью может длиться от 30 минут до 3-4 часов в зависимости от задач исследования и особенностей самого респондента. Чаще всего глубинное интервьюирование подразумевает опрос одного человека, но существуют модификации этого метода, когда в беседе принимают участие 2 или 3 респондента. Беседа фиксируется на аудио или видеопленку. Запись подвергается обработке, в результате которой исследователь получает текст всего интервью («транскрипт»). На основе транскрипта пишется аналитический отчет. Видеозапись используется также для того, чтобы учесть при анализе невербальные реакции респондентов. Респондент, как правило, получает подарок в качестве вознаграждения за участие в длительной беседе. Среди личных интервью данный метод глубинных интервью является наиболее дорогим. Объем выборки зависит от исследовательских задач и бюджета исследования. Как правило, в рамках одного исследования проводится не менее 20-30 глубинных интервью.

Метод глубинных интервью может применяться в тех случаях, когда решение маркетинговых задач связано со следующими ситуациями:

- 1) интервью предполагает обсуждение личных тем респондента – это, например, состояние здоровья, взаимоотношения в семье, финансовые вопросы;
- 2) детализированное понимание сложного поведения связанного с приемом ответственных решений – покупка машины или недвижимости, ремонт квартиры, выбор места учебы ребенка и т.д.;
- 3) интервью с экспертами / профессионалами;
- 4) интервью с конкурентами, которые не будут говорить о предмете исследования в ходе групповых дискуссий;
- 5) когда респонденты малочисленны и труднодоступны, их сложно собрать на группу (пользователи редкой марки, специалисты, деловые люди, которые много времени проводят в командировках).

Этапы подготовки и порядок проведения экспертного интервью:

- постановка проблем;
- определение круга вопросов;
- разработка инструментария и сценария интервью;
- инструктаж и тренинг для интервьюеров;
- запись интервью на цифровой носитель;
- расшифровка аудиозаписи в формате MSWord (транскрипт)
- контроль исполнения качества работы интервьюеров;
- итоговый анализ информации;
- составление аналитического отчета.

Пример глубинного интервью: дилерский центр, занимающийся продажей иностранных автомобилей проводит исследование в виде глубинного интервью с ведущим специалистом крупнейшей в городе фирмы, предоставляющей транспортные услуги на тему – «Использование новых иномарок в предоставлении услуг населению», главный вопрос – Рентабельно ли использовать новые иностранные машины для предоставления услуг населению – услуги такси, прокат автомобилей, переезды, малогабаритные грузоперевозки с целью дальнейшего сотрудничества. Возможные такие вопросы, как: какие автомобили используются в вашей компании, средний год выпуска, максимальный пробег, где походит техническое обслуживание, стаж вождения водителя и т.д. На основе ответов специалиста, центр проводит анализ рынка услуг в данной области и просчитывает возможность своего внедрения.

Метод фокус-группы – метод исследований, относящийся к сегменту качественных. Принцип метода: группа участников, в 80% случаев состоящая из потенциальных потребителей того или иного вида товаров, услуг, в форме дискуссий обсуждает вопросы, влияющие на мотивацию потребителя при выборе продукта, товара. Используется большинством маркетинговых компаний, как один из самых распространенных, зарекомендовавший себя на рынке исследований качеством получаемой информации. Метод представляет собой проведение разговора участников в форме групповой дискуссии, в ходе

которой собирается субъективная информация от опрашиваемых респондентов по выделенному кругу вопросов, в соответствии с поставленными заказчиком целями. Групповое обсуждение проводит квалифицированный специалист – модератор. Количество респондентов в фокус-группе составляет от 4 – 7 человек. Продолжительность дискуссии около полутора часов. Отбор респондентов осуществляется по отборочной анкете. Главной задачей этого метода является выделение основных идей о товарах, услугах. В ходе проведения фокус-группы модератором фиксируются обрывочные высказывания участников дискуссии, поведение, последовательность ответов и динамики их мнений. Задачи исследования, решаемые методом фокус-групп могут с одной стороны соответствовать задачам, поставленным на экспертное интервью, с другой иметь следующие отличительные особенности:

- выявление мотивационных аспектов влияния внешнего вида и информационных носителей;
- готовность потенциальных потребителей приобретать тестируемую продукцию;
- проверка, тестирование имеющихся оптимальных названий для продукта;
- изучение лояльности потребителей к планируемой концепции бренда;
- поиск оптимального, по мнению респондентов названия для продукта;
- выявление соответствий названия продукта и дизайна;
- выявление ассоциативного и эмоционального ряда к дизайну и их соответствия тестируемому продукту;
- тестирование предложенных вариантов.

Пример метода фокус-группа – в городе открывается новое кафе, рассчитанное на определенный класс потребителей – на студентов и молодежь. Руководство компании решает провести исследование методом фокус-группы и приглашает студентов одного из институтов города принять участие в исследовании. Вопросы, выдвинутые на обсуждение – предполагаемое место нахождения кафе, желаемый ассортимент блюд, интерьер, ценовые барьеры, качество обслуживания (самообслуживание), возможность работы студентов,

время работы, различные льготы, скидки, акции. Целью является выяснение наиболее важных (описанных выше) вопросов у аудитории, на которую и рассчитано открытие данного заведения. Т.е., получив точные данные у необходимой категории людей, компания может смело воплощать идеи и разработки по открытию кафе. Количественные методы интервьюирования. Исходя из практического опыта проведения маркетинговых исследований, одним из наиболее распространенных, является метод количественных опросов или анкетирование. Доля присутствия данного метода, используемого большинством компаний, в общей структуре полевых исследований, занимает около 70% (в количественном выражении общих заказов). Опрос проводится путем заполнения структурированной анкеты, составленной на подготовительном этапе. Фиксация ответов интервьюером осуществляется в полном соответствии с ответами респондента. Конкретизация респондентов производится в ходе предварительных с ними контактов. Данный метод, как правило, является завершающей стадией проведения полевого этапа исследования и позволяет получить измеряемые величины по интересующим заказчика целям и задачам. Метод позволяет проверить гипотезы, которые были выдвинуты на качественном этапе (фокус-группы и экспертные интервью), измерить узнаваемость брендов и сформировать портрет потребителя, изучив его поведение и социальнодемографический статус, а также оценить его предпочтения в выборе тех или иных товаров, услуг и готовность покупать новый продукт.

Основные *количественные методы* исследований – это различные виды *опросов* и *мониторинг*.

Опрос предполагает выяснение мнения респондента по определенному кругу включенных в анкету вопросов путем личного или опосредованного контакта интервьюера с респондентом. Опросы могут различаться:

- 1) по способу контакта с респондентом: лично, по телефону, по электронной почте и через Internet;
- 2) по типу респондентов: опрос физических лиц, опрос юридических лиц

3) по месту проведения опроса: дома, в офисе, в местах продаж.

Личные интервью – самый распространенный способ изучения чего-либо, основанный на непосредственном контакте интервьюера с респондентом. Личное общение позволяет не только отвечать на сложные вопросы анкеты, но и применять наглядные материалы. Личные интервью проводят опытные специалисты, поэтому профессионально проведенное личное интервью, не утомляет респондента и обеспечивает полноту и достоверность ответов на вопросы анкеты (*Например*, компания желает узнать о положении своего бренда на рынке и проводит интервью у потребителей – в анкете вопросы – пользуетесь ли Вы товарами нашей компании, какие из них предпочитаете, сочетание в товаре качество/цена, что для Вас важно в продукции – качество, доступность, универсальность и.т.д.).

Телефонный опрос – один из самых оперативных и недорогих опросных методов, который позволяет узнать мнения различных групп населения практически по любым вопросам. (*Например*, фирма открывает новую марку мыла и проводит телефонный опрос о возможных вариантах названия продукции)

Почтовый опрос – метод заключается в рассылке анкет и получении на них ответов по почте. (*Например*, косметическая компания проводит почтовый опрос о предпочтениях потребителей в области декоративной косметики, вместе с анкетой посылается свежий каталог с возможностью заказа продукции).

Мониторинг – форма организации проведения маркетинговых исследований, обеспечивающая постоянное получение информации о состоянии определенного рыночного процесса или рыночной ситуации. (*Например*, завод по изготовлению молочной продукции еженедельно проводит исследования о положении их продукции на рынке – объем поставок, количество заказов, ассортимент).

Mystery Shopping – метод исследований, предполагающий оценку уровня обслуживания с помощью специалистов, выступающих в роли

подставных покупателей (заказчиков, клиентов и т. п.). (Например, компания, предоставляющая населению услуги быстрого питания проводит исследование и посылает в свои заведения специалистов под видом обычных посетителей оценить качество обслуживания и выявить возможные нарушения и ошибки работы персонала. По окончании исследования составляется подробный отчет о проделанной работе, на основе которого принимаются те или иные решения, например об увольнении некоторых сотрудников, их поощрении, профессиональной переподготовке, дополнительному обучению и т.д.)

Также основным методом комплексных исследований является «*desk research*» – сбор и анализ вторичной информации, источниками которой выступают СМИ, официальная информация, законодательные документы, Internet, базы данных и др. (Например, крупная компания по продаже спортивного инвентаря решает узнать, как СМИ относится к их товарам – в частности как часто в специализированных СМИ (спортжурналы, брошюры) упоминается тот или иной инвентарь, на какую аудиторию читателей рассчитаны данные статьи, о чем конкретно они повествуют – о полезных или же вредных свойствах тренажеров, пластиковых лыж, кожаных мячей; какой продукции отдается предпочтение и т.д.).

Выбор методов маркетинговых исследований осуществляется с учетом поставленных заказчиком целей и решаемых задач. Немаловажное значение при выборе методов имеет структура рынка, а главное, из какого количества сегментов он состоит. В целом исследовательские методики не богаты разнообразием, поэтому подводя итог, выделяю основные методы исследования интервью – Это в первую очередь два больших вида – Качественные и количественные исследования. При чем последние являются логическим завершением первых. К качественным методам относятся метод фокус-групп и глубинное (экспертное) интервью. К количественным относятся различные *опросы, личные интервью на основе анкет, мониторинг, методы Mystery Shopping, desk research*. Все выше

перечисленные методы используются для изучения рынка, для выявления тех или иных проблем, «подводных камней», которые могут преследовать фирму и направлены на улучшение работы, повышение эффективности, увеличение производительности труда, повышение качества продукции, удовлетворение потребностей покупателя.

Метод совещаний (комиссий) заключается в работе объединенных в комиссию экспертов, т.е. метод открытого обсуждения проблемы. Он является наиболее простым и традиционным методом в исследовании проблем управления и предлагает выработку единого мнения по обсуждаемому кругу вопросов. Метод имеет следующие недостатки:

- в процессе совещания существенную роль играют такие психологические факторы, как мнение авторитетов, к которому могут присоединиться другие эксперты;
- при подобного рода обсуждениях часто происходит спор двух или трех наиболее авторитетных экспертов, в результате чего мнения других экспертов во внимание не принимается;
- в отдельных случаях негативную роль может сыграть нежелание отдельных экспертов отказаться от публично высказанного ранее мнения.

Этот метод предполагает коллективное обсуждение направлений развития системы управления персоналом группой специалистов и руководителей. Эффективность метода состоит в том, что идея, высказанная одним человеком, вызывает у других участников совещания новые идеи, в результате чего возникает поток идей. Цель творческого совещания – выявить возможно больше вариантов путей совершенствования системы управления персоналом.

Метод «Круглого стола». «Круглый стол» – это метод активного обучения, одна из организационных форм познавательной деятельности, позволяющая закрепить полученные ранее знания, восполнить недостающую

информацию, сформировать умения решать проблемы, укрепить позиции, научить культуре ведения дискуссии. Суть метода в том, что специальная комиссия обсуждает проблему с целью согласования мнений и выработки единого решения. Характерной чертой «круглого стола» является сочетание *тематической дискуссии с групповой консультацией*. Наряду с активным обменом знаниями, у участников «Круглого стола» вырабатываются профессиональные умения излагать мысли, аргументировать свои соображения, обосновывать предлагаемые решения и отстаивать свои убеждения. При этом происходит закрепление информации и самостоятельной работы с дополнительным материалом, а также выявление проблем и вопросов для обсуждения. Важное условие при организации «круглого стола»: нужно, чтобы он был действительно круглым, т.е. процесс коммуникации, общения, происходил «глаза в глаза». Принцип «круглого стола» (не случайно он принят на переговорах), т.е. расположение участников лицом друг к другу, а не в затылок, как на обычном занятии, в целом приводит к возрастанию активности, увеличению числа высказываний, возможности личного включения каждого участника в обсуждение, повышает мотивацию участников, включает невербальные средства общения, такие как мимика, жесты, эмоциональные проявления. Преподаватель также располагается в общем кругу, как равноправный член группы, что создает менее формальную обстановку по сравнению с общепринятой, где он сидит отдельно от участников они обращены к нему лицом. В классическом варианте участники дискуссии адресуют свои высказывания преимущественно ему, а не друг другу. А если преподаватель сидит среди участников, обращения членов группы друг к другу становятся более частыми и менее скованными, это также способствует формированию благоприятной обстановки для дискуссии и развития взаимопонимания между педагогами и учениками.

Основную часть «круглого стола» по любой тематике составляет дискуссия. *Дискуссия* (от лат. *discussio* – исследование, рассмотрение) – это

всестороннее обсуждение спорного вопроса в публичном собрании, в частной беседе, споре. Другими словами, дискуссия заключается в коллективном обсуждении какого-либо вопроса, проблемы или сопоставлении информации, идей, мнений, предложений. Цели проведения дискуссии могут быть очень разнообразными: обучение, тренинг, диагностика, преобразование, изменение установок, стимулирование творчества и др.

При организации дискуссии в учебном процессе обычно ставятся сразу несколько учебных целей, как чисто познавательных, так и коммуникативных. При этом цели дискуссии, конечно, тесно связаны с ее темой. Если тема обширна, содержит большой объем информации, в результате дискуссии могут быть достигнуты только такие цели, как сбор и упорядочение информации, поиск альтернатив, их теоретическая интерпретация и методологическое обоснование. Если тема дискуссии узкая, то дискуссия может закончиться принятием решения.

Во время дискуссии участники могут либо дополнять друг друга, либо противостоять один другому. В первом случае проявляются черты диалога, а во втором дискуссия приобретает характер спора. Как правило, в дискуссии присутствуют оба эти элемента, поэтому неправильно сводить понятие дискуссии только к спору. И взаимоисключающий спор, и взаимодополняющий, взаиморазвивающий диалог играют большую роль, так как первостепенное значение имеет факт сопоставления различных мнений по одному вопросу. Эффективность проведения дискуссии зависит от таких факторов, как: подготовка (информированность и компетентность) участника по предложенной проблеме; семантическое единообразие (все термины, дефиниции, понятия и т.д. должны быть одинаково поняты всеми учащимися); корректность поведения участников; умение учителя проводить дискуссию.

Правильно организованная дискуссия проходит три стадии развития: *ориентация, оценка и консолидация.*

На первой стадии учащиеся адаптируются к проблеме и друг к другу, т.е. в это время вырабатывается определенная установка на решение поставленной

проблемы. При этом перед учителем (организатором дискуссии) ставятся следующие задачи:

- 1) сформулировать проблему и цели дискуссии. Для этого надо объяснить, что обсуждается, что должно дать обсуждение;
- 2) провести знакомство участников (если группа в таком составе собирается впервые). Для этого можно попросить представиться каждого участника или использовать метод «интервьюирования», который заключается в том, что учащиеся разбиваются на пары и представляют друг друга после короткой ознакомительной (не более 5 минут), направленной беседы;
- 3) создать необходимую мотивацию, т.е. изложить проблему, показать ее значимость, выявить в ней нерешенные и противоречивые вопросы, определить ожидаемый результат (решение);
- 4) установить регламент дискуссии, а точнее, регламент выступлений;
- 5) сформулировать правила ведения дискуссии, основное из которых – *выступить должен каждый*. Кроме того, необходимо внимательно выслушивать выступающего, не перебивать, аргументировано подтверждать свою позицию, не повторяться, не допускать личной конфронтации, сохранять беспристрастность, не оценивать выступающих, не выслушав до конца и не поняв позицию;
- 6) создать доброжелательную атмосферу, а также положительный эмоциональный фон. Здесь преподавателю могут помочь персонифицированные обращения к ученикам, динамичное ведение беседы, использование мимики и жестов, и, конечно, улыбки. Следует помнить, что основой любого активного метода обучения является бесконфликтность;
- 7) добиться однозначного семантического понимания терминов, понятий и т.п. Для этого с помощью вопросов и ответов следует уточнить понятийный аппарат, рабочие определения изучаемой темы. Систематическое уточнение понятийного аппарата сформирует у участников установку, привычку оперировать только хорошо понятными

терминами, не употреблять малопонятные слова, систематически пользоваться справочной литературой.

Вторая стадия – стадия оценки – обычно предполагает ситуацию сопоставления, конфронтации и даже конфликта идей, который в случае, неумелого руководства дискуссией может перерасти в конфликт личностей. На этой стадии перед учителем (организатором «круглого стола») ставятся следующие задачи:

- 1) начать обмен мнениями, что предполагает предоставление слова конкретным участникам. Учителю не рекомендуется брать слово первым.
- 2) собрать максимум мнений, идей, предложений. Для этого необходимо активизировать каждого ученика. Выступая со своим мнением, школьник может сразу внести свои предложения, а может сначала просто выступить, а позже сформулировать свои предложения;
- 3) не уходить от темы, что требует некоторой твердости организатора, а иногда даже авторитарности. Следует тактично останавливать отклоняющихся, направляя их в заданное «русло»;
- 4) поддерживать высокий уровень активности всех участников. Не допускать чрезмерной активности одних за счет других, соблюдать регламент, останавливать затянувшиеся монологи, подключать к разговору всех присутствующих;
- 5) оперативно проводить анализ высказанных идей, мнений, позиций, предложений перед тем, как переходить к следующему витку дискуссии. Такой анализ, предварительные выводы или резюме целесообразно делать через определенные интервалы (каждые 10-15 минут), подводя при этом промежуточные итоги. Подведение промежуточных итогов очень полезно поручать учащимся, предлагая им временную роль ведущего.

Третья стадия – стадия консолидации – предполагает выработку определенных единых или компромиссных мнений, позиций, решений. На этом этапе осуществляется контролирующая функция занятия. Задачи, которые

должен решить преподаватель, можно сформулировать следующим образом:

- 1) проанализировать и оценить проведенную дискуссию, подвести итоги, результаты. Для этого надо сопоставить сформулированную в начале дискуссии цель с полученными результатами, сделать выводы, вынести решения, оценить результаты, выявить их положительные и отрицательные стороны;
- 2) помочь участникам дискуссии прийти к согласованному мнению, чего можно достичь путем внимательного выслушивания различных толкований, поиска общих тенденций для принятия решений;
- 3) принять групповое решение совместно с участниками. При этом следует подчеркнуть важность разнообразных позиций и подходов;
- 4) в заключительном слове подвести группу к конструктивным выводам, имеющим познавательное и практическое значение;
- 5) добиться чувства удовлетворения у большинства участников, т.е. поблагодарить всех за активную работу, выделить тех, кто помог в решении проблемы.

При проведении «круглого стола» участники воспринимают не только высказанные идеи, новую информацию, мнения, но и носителей этих идей и мнений, и, прежде всего учителя. Поэтому целесообразно конкретизировать основные качества и умения, которыми учитель (организатор) должен обладать в процессе проведения «круглого стола»:

- высокий профессионализм, хорошее знание материала в рамках учебной программы;
- речевая культура и, в частности, свободное и грамотное владение профессиональной терминологией;
- коммуникабельность, а точнее – коммуникативные умения, позволяющие педагогу найти подход к каждому, заинтересованно и внимательно выслушать каждого, быть естественным, найти необходимые методы воздействия, проявить требовательность, соблюдая при этом педагогический такт;

- быстрота реакции;
- способность лидировать;
- умение вести диалог;
- прогностические способности, позволяющие заранее предусмотреть все трудности в усвоении материала, а также спрогнозировать ход и результаты педагогического воздействия, предвидеть последствия своих действий;
- умение анализировать и корректировать ход дискуссии;
- умение владеть собой;
- умение быть объективным.

Составной частью любой дискуссии является процедура вопросов и ответов. Умело поставленный вопрос (каков вопрос, таков и ответ) позволяет получить дополнительную информацию, уточнить позиции выступающего и тем самым определить дальнейшую тактику проведения «круглого стола».

С функциональной точки зрения, все вопросы можно разделить на две группы:

- *уточняющие (закрытые)* вопросы, направленные на выяснение истинности или ложности высказываний, грамматическим признаком которых обычно служит наличие в предложении частицы «ли», например: «Верно ли, что?», «Правильно ли я понял, что?». Ответить на такой вопрос можно только «да» или «нет»;
- *восполняющие (открытые)* вопросы, направленные на выяснение новых свойств или качеств интересующих нас явлений, объектов. Их грамматический признак – наличие вопросительных слов: *что, где, когда, как, почему* и т.д.

С грамматической точки зрения, вопросы бывают *простые* и *сложные*, т.е. состоящие из нескольких простых. Простой вопрос содержит в себе упоминание только об одном объекте, предмете или явлении.

Если на вопросы смотреть с позиции правил проведения дискуссии, то среди них можно выделить *корректные* и *некорректные* как с содержательной

точки зрения (некорректное использование информации), так и с коммуникативной точки зрения (например, вопросы, направленные на личность, а не на суть проблемы). Особое место занимают так называемые, *провокационные* или *улавливающие* вопросы. Такие вопросы задаются для того, чтобы сбить с толку оппонента, посеять недоверие к его высказываниям, переключить внимание на себя или нанести критический удар.

С педагогической точки зрения, вопросы могут быть контролирующими, активизирующими внимание, активизирующими память, развивающими мышление.

В дискуссии предпочтительнее использовать простые вопросы, так как они не несут в себе двусмысленности, на них легко дать ясный и точный ответ. Если школьник задает сложные вопросы, целесообразно попросить его разделить свой вопрос на несколько простых. Ответы на вопросы могут быть: точными и неточными, верными и ошибочными, позитивными (желание или попытка ответить) и негативными (прямой или косвенный уход от ответа), прямыми и косвенными, односложными и многосложными, краткими и развернутыми, определенными (не допускающий различного толкования) и неопределенными (допускающими различное толкование).

Для того чтобы организовать дискуссию и обмен информацией в полном смысле этого слова, чтобы «круглый стол» не превратился в мини-лекцию, монолог преподавателя, занятие необходимо тщательно подготовить. Для этого учитель (организатор «круглого стола») должен:

- заранее подготовить вопросы, которые можно было бы ставить на обсуждение по выводу дискуссии, чтобы не дать ей погаснуть;
- не допускать ухода за рамки обсуждаемой проблемы;
- не допускать превращения дискуссии в диалог двух наиболее активных учеников или учителя с учащимися;
- обеспечить широкое вовлечение в разговор как можно большего количества учащихся, а лучше – всех;
- не оставлять без внимания ни одного неверного суждения, но не давать

сразу же правильный ответ; к этому следует подключать учащихся, своевременно организуя их критическую оценку;

- не торопиться самому отвечать на вопросы, касающиеся материала «круглого стола»: такие вопросы следует переадресовывать аудитории;
- следить за тем, чтобы объектом критики являлось мнение, а не ученик, выразивший его;
- сравнивать разные точки зрения, вовлекая учащихся в коллективный анализ и обсуждение, помнить слова К.Д. Ушинского о том, что в основе познания всегда лежит сравнение.

Для того чтобы не погасить активность участников, учитель не должен:

- превращать дискуссию в контрольный опрос учащихся;
- давать оценки суждениям по ходу выступлений и раньше времени высказывать свое мнение;
- подавлять аудиторию;
- занимать позицию ментора, поучающего аудиторию и знающего единственно правильные ответы на все вопросы;
- помнить, что на занятии, проводимом в активной форме, главным действующим лицом является ученик: нужно ждать активности от него, а не от самого учителя, который выступает в роли консультанта, руководителя дискуссии и ее более компетентного, но равноправного участника.

Во время проведения «круглого стола» царит деловой шум, многоголосье, что, с одной стороны, создает атмосферу творчества и эмоциональной заинтересованности, а с другой – затрудняет работу учителя. Ему необходимо среди этой полифоничности услышать главное, создать рабочую обстановку, дать возможность высказаться, правильно вести нить рассуждений. Но все трудности окупаются высокой эффективностью такой формы проведения занятий.

Недостатком метода является то, что зачастую эксперты руководствуются логикой компромисса, что иногда снижает качество

принимаемых решений.

Мозговой штурм – метод активизации творческой активности участников, основанный на спонтанном высказывании идей, которые формулируются и высказываются участниками в краткой и четкой форме, критика идей в данный момент недопустима, а возможна только после окончания мозговой атаки. В мозговом штурме считается, что человека могут осенять гениальные идеи, если он высказывает мысли «сходу», предварительно не обдумывая, только полагаясь на свое подсознание. Основное правило – число высказанных идей важнее их качества. Метод основан на свободных ассоциациях идей. Основоположником метода является американский психолог А.Осборн.

Концепция «мозгового штурма» получила широкое распространение с начала 50-х годов как «метод систематической тренировки творческого мышления», направленный на «открытие новых идей и достижение согласия группы людей на основе интуитивного мышления». Метод «мозгового штурма» подразумевает получение решения как продукта коллективного творчества специалистов в ходе заседания, проводимого по определенным правилам, и последующего развернутого анализа его результатов. Его сущность состоит в том, что при принятии коллективного решения решаются две основные задачи:

- генерирование новых идей в отношении возможных вариантов развития процесса;
- анализ и оценка выдвинутых идей.

Методы этого типа известны так же под названием «мозговая атака», «конференция идей», а в последнее время наибольшее распространение получил термин «коллективная генерация идей».

Общие правила мозгового штурма:

- обеспечивать максимальную свободу мышления и высказывания новых идей;
- приветствовать любые идеи, даже если они кажутся сомнительными или абсурдными (обсуждение и оценка идей предусматривается позднее);

- не допускать критику;
- чем больше идей, тем лучше;
- обмен мыслями и сочетание идей.

В зависимости от принятых правил и жесткости их выполнения различают *прямую мозговую атаку*, *метод обмена мнениями* и другие виды коллективного обсуждения идей и вариантов принятия решений. При организации сессий коллективной генерации идей возможно введение дополнительных правил, ориентирующих участников на наиболее ценные и конструктивные идеи с тем, чтобы обсуждение шло по пути их развития и обобщения. Данный метод целесообразно использовать для решения нетривиальных проблем, не поддающихся привычным решениям.

Метод мозгового штурма базируется на психологических и педагогических закономерностях коллективной деятельности. В традиционных условиях профессиональной деятельности, на деловых совещаниях творческая активность руководителей и специалистов зачастую сдерживается по тем или иным причинам, среди которых существенное место занимают разнообразные барьеры: психологические, коммуникативные, социальные, педагогические и т.д.

В условиях мозгового штурма средством, позволяющим убрать так называемые барьеры, выступает дискуссия, которая помогает высвободить творческую энергию и, включив людей в интерактивную коммуникацию, приобщить их к активному поиску решений поставленной проблемы.

Мозговой штурм является, по сути, наиболее свободной формой дискуссии. Главная функция этой технологии – обеспечение процесса генерирования идей без их критического анализа и обсуждения участниками.

Успех проведения мозгового штурма зависит от соблюдения двух главных принципов. Один из них лежит в области теории синергетики.

Он заключается в следующем: при совместном обсуждении появляются идеи более высокого качества, чем при индивидуальной работе тех же людей. Это происходит за счет того, что идея, которая сама по себе может быть отвергнута в силу недостаточной обоснованности или непрактичности, дораба-

тывается совместными усилиями, додумывается другими и тем самым улучшается, становится все более конструктивной и пригодной к осуществлению. Другой принцип состоит в том, что если участники совещания находятся в состоянии генерирования людей, то процесс творческого мышления, господствующего в этот момент, нельзя тормозить преждевременной субъективной оценкой этих идей. В этом принципиальное отличие мозгового штурма от любой другой технологии. Основой методологии является преодоление стереотипов мышления и коммуникативных барьеров, т.е. обеспечение процесса генерации идей, без их критического анализа и обсуждения; успех проведения мозгового штурма основывается на принципе синергии и запрета остановки генерации идей субъективной оценкой».

«Метод мозгового штурма подразумевает получение решения как продукта коллективного творчества специалистов в ходе заседания, проводимого по определенным правилам, и последующего развернутого анализа его результатов». Его сущность состоит в том, что при принятии коллективного решения решаются две основные задачи:

- генерирование новых идей в отношении возможных вариантов развития процесса;
- анализ и оценка выдвинутых идей.

Метод мозгового штурма базируется на психологических и педагогических закономерностях коллективной деятельности. В традиционных условиях профессиональной деятельности, на деловых совещаниях творческая активность руководителей и специалистов зачастую сдерживается по тем или иным причинам, среди которых существенное место занимают разнообразные барьеры: психологические, коммуникативные, социальные, педагогические и т.д.

В условиях мозгового штурма средством, позволяющим убрать так называемые барьеры, выступает дискуссия, которая помогает высвободить творческую энергию и, включив людей в интерактивную коммуникацию, приобщить их к активному поиску решений поставленной проблемы.

Мозговой штурм является, по сути, наиболее свободной формой дискус-

сии. Главная функция этой технологии – обеспечение процесса генерирования идей, без их критического анализа и обсуждения участниками.

Успех проведения мозгового штурма зависит от соблюдения двух главных принципов. Один из них лежит в области теории синергетики и заключается в следующем: *при совместном обсуждении появляются идеи более высокого качества, чем при индивидуальной работе тех же людей.* Это происходит за счет того, что идея, которая сама по себе может быть отвергнута в силу недостаточной обоснованности или непрактичности, дорабатывается совместными усилиями, додумывается другими и тем самым улучшается, становится все более конструктивной и пригодной к осуществлению. Второй принцип состоит в том, что если участники совещания находятся в состоянии генерирования идей, то процесс творческого мышления, господствующего в этот момент, нельзя тормозить преждевременной субъективной оценкой этих идей. В этом принципиальное отличие мозгового штурма от любой другой технологии. Из главных принципов и методологии мозгового штурма можно сделать вывод о том, что «основой методологии является преодоление стереотипов мышления и коммуникативных барьеров, т.е. обеспечение процесса генерации идей, без их критического анализа и обсуждения; успех проведения мозгового штурма основывается на принципе синергии и запрета остановки генерации идей субъективной оценкой».

Процесс принятия решения методом мозгового штурма состоит из этапов, связанных с такими стадиями творческого мышления, как *генерирование идей и их формулировка; оценка или анализ этих идей; использование идеи для решения конкретной проблемы или ситуации.* В мозговом штурме эти стадии разделены, и на первом этапе реализуется только первая функция, потому что если выдвигаемая идея сразу же столкнется с оценочным суждением в свой адрес, у участника совещания, автора идеи наступает так называемый «аналитический паралич», который приводит к резкому снижению потока предложений (5, С 90). Таким образом, мозговой штурм состоит из следующих этапов:

- 1) подготовительный;

- 2) генерирование идей;
- 3) заключительный – анализ и оценка идей.

Подготовительный этап. Первый этап состоит в подготовке и организации процесса мозгового штурма. Для реализации технологии в процессе делового совещания назначается ведущий, который отвечает за организацию и процедурную часть работы. Его функции:

- формулировка цели и коррекция задачи;
- подбор участников для последующих этапов работы;
- решение организационных вопросов (подготовка помещения, техники, флип-чарта, доски или транспаранта, распределение ролей среди участников и т.п.).

Как правило, участники мозгового штурма делятся на 2 группы: «генераторов» – людей с позитивной установкой к творчеству, обладающих яркой фантазией, способных быстро подхватывать чужие идеи и развивать их: «аналитиков» – людей, обладающих большими знаниями в исследуемом вопросе, т.е. специалистов способных критически оценить выдвинутые идеи. Эта группа оценивает разработанные идеи на основе разработанной ситуации. Однако в случае необходимости может быть создана и третья дополнительная группа – «генераторов контридей». В начале нужен небольшой «разогрев» минут на 15, чтобы мыслительный процесс вошел в нужный темп. Можно, к примеру, решить пробную задачу (придумать рекламу для выдуманных проектов или посмотреть оригинальные видеоклипы)

Этап генерирования идей. Оптимальный состав группы от 5 до 15 человек. Сам процесс генерирования идей, поощряемый ведущим, проходит, как правило, в течение 15-20 мин. Однако полная продолжительность штурма, включающая процесс анализа и оценивания идей, составляет 1,5-2 часа. Все идеи записываются или стенографируются. Участники совещания могут выдать более ста идей. Весьма важной составляющей, способствующей успеху проведения мозгового штурма, являются особые условия его проведения, опирающиеся на следующие правила, присущие этой технологии:

- отсутствие всякой критики;
- поощрение предполагаемых идей;
- равноправие участников мозгового штурма;
- свобода ассоциаций и творческого воображения;
- творческая атмосфера на «игровой поляне» делового совещания;
- обязательная фиксация всех высказанных идей;
- время для инкубации (группе нужно дать время – час, день, неделю или месяц, чтобы обдумать идеи и затем рассмотреть альтернативные подходы или новые предложения к уже имеющемуся списку).

Как уже было отмечено, руководитель штурма во время генерирования идей обеспечивает психологическую поддержку участников совещания и на протяжении всего штурма вводит «генераторов» в состояние максимальной творческой активности.

Заключительный этап – подведение итогов мозгового штурма. Первая задача группы «аналитиков» – сделать глубинный анализ проблемы. Затем проводится систематизация и классификация идей по группам в соответствии с признаками, по которым их можно объединить. Осуществляется деструктирование идей, то есть оценка идей на реализуемость. Затем из общего количества наработанных идей отбирают наиболее оригинальные и рациональные, а потом выбирается оптимальная идея с учетом специфики творческой задачи, диагностики ситуации и анализа проблемы, прогнозирования возможных трудностей. Составляется окончательный список практически используемых идей.

Достоинства и недостатки метода мозгового штурма. Мозговому штурму также как и многим другим коллективным методам принятия решений свойственны определенные достоинства и недостатки. Одно из наиболее важных преимуществ мозгового штурма заключается в том, что во время мозгового штурма поощряется творческое мышление, причем генерирование идей происходит в условиях комфортной творческой атмосферы. Идет активизация всех участников процесса. Они глубоко вовлечены в ход

генерирования идей и их обсуждение, более гибко осваивают новые идеи, чувствуют себя равноправными. Лень, рутинное мышление, рационализм, отсутствие эмоционального «огонька» в условиях применения этой технологии снимаются практически автоматически. Раскованность активизирует интуицию и воображение. Происходит выход за пределы стандартного мышления. Интерактивное взаимодействие порождает синергический эффект. Чужие идеи дорабатываются, развиваются и дополняются, уменьшается шанс упустить конструктивную идею. Привлекается большое количество идей, предложений, что позволяет избежать стереотипа мышления и отобрать продуктивную идею.

Мозговой штурм – это простой метод, который легко понять и легко применять на деловом совещании. Для его проведения не требуется сложное оборудование, техника, много времени и специально организованная пространственная среда.

В связи с тем, при мозговой атаке поощряется генерирование любых идей, даже фантастических, зачастую его участники уходят от реальной проблемы. В потоке разнообразных предложений бывает порой довольно трудно найти рациональные и продуктивные идеи. Кроме того, метод не гарантирует тщательную разработку предлагаемой идеи. Из-за высокой степени вовлеченности участников совещания ответственность за конечный результат несут все, и если идеи есть у всех, затраты времени на их обсуждение возрастают. При слабой обученности персонала сотрудничеству и командной работе, участники совещания могут быть не удовлетворены эффективностью своей деятельности. Кроме того, многие участники могут настаивать на своем авторстве обсуждаемых идей и предпочитают быть лидерами творческого процесса за счет тех, кто менее развит и подготовлен. Недостаточно развитая способность осуществлять дистилляцию вызывает трудности по выбору из большого числа наработанных идей только тех, которые будут реально способствовать решению проблемы или задачи и, следовательно, их можно перевести в конкретные действия.

Модификации метода мозгового штурма. У мозгового штурма есть достаточно много разновидностей, большинство из которых можно применять

на деловых совещаниях для решения профессиональных задач. К ним относятся: *обратный, теневой и комбинированный мозговые штурмы, брейнрайтинг, индивидуальный мозговой штурм, мозговой штурм на доске, мозговой штурм в стиле «Соло», визуальный мозговой штурм, мозговой штурм по-Японски.* Рассмотрим характеристики перечисленных технологий.

Обратный мозговой штурм. Его предпочтительно применять при создании нового улучшенного образца, новой услуги или разработки новой идеи, когда решаются две творческие задачи:

- выявление в существующих изделиях, услугах, идеях максимального числа недостатков;
- максимальное устранение этих недостатков во вновь разрабатываемом изделии или услуге.

«Цель метода обратного мозгового штурма заключается в составлении наиболее полного списка недостатков рассматриваемого объекта или идеи, на которые обрушивается ничем не ограниченная критика».

В результате обратного мозгового штурма составляется максимально полный список недостатков, дефектов и потенциальных проблем у рассматриваемого объекта, прогнозируются недостатки и трудности эксплуатации на 10-20 лет вперед, чтобы полученный список недостатков обеспечил наиболее длительную конкурентоспособность объектов.

Теневой мозговой штурм. Далеко не каждый человек может заниматься творческой деятельностью в присутствии и при активном вмешательстве посторонних лиц. В связи с этим при проведении мозгового штурма на деловом совещании бывает целесообразно для части генераторов идей обеспечить условия одновременного присутствия и отсутствия. Разрешить эти противоречия возможно с помощью теневого мозгового штурма.

Сеанс проводится двумя подгруппами генераторов идей. Одна из них – собственно генераторы – называют идеи вслух при соблюдении условий критики. Другая подгруппа – теневая следит за ходом работы генераторов, но не принимает в обсуждении непосредственного участия. Каждый ее участник за-

писывает свои идеи, возникающие под воздействием обсуждения, проводимого активной подгруппой.

Перечень выдвинутых генераторами идей и списки решений, предложенных всеми участниками теневой подгруппы, передаются после завершения сессии в группу экспертов, в задачу которых входит не только оценка идей, но и их развитие, комбинирование, т.е. творческий процесс в этой группе переходит в новую фазу.

Комбинированный мозговой штурм. Вышеописанные методы прямого (или теневого) и обратного мозгового штурма могут быть совместно использованы в различных комбинациях.

Двойной прямой мозговой штурм заключается в том, что после проведения прямого мозгового штурма делается перерыв в течение 2-3 дней, после чего он повторяется еще раз. Во время перерыва у участвующих в деловом совещании специалистов включается в работу мощный аппарат решения творческих задач – подсознание человека, синтезирующее неожиданные фундаментальные идеи.

Обратно-прямой мозговой штурм, как правило, используется для прогноза развития мозгового штурма. Сначала с помощью обратного мозгового штурма выявляют все недостатки и слабые плохо проработанные или недостаточно обоснованные стороны существующего объекта, идеи и выделяют среди них главные. Затем проводят обратный мозговой штурм с целью устранения выявленных главных недостатков и разрабатывают проект принципиально нового решения. С целью увеличения времени для прогнозирования этот цикл стоит повторить (2, С 303).

Брейнрайтинг. Эта методика основана на технике мозговой атаки, но участники группы выражают свои предложения не вслух, а в письменной форме. Они пишут свои идеи на листках бумаги и затем обмениваются ими друг с другом. Идея соседа становится стимулом для новой идеи, которая вносится в полученный листок. Группа обмениваются листками с течением 15 минут.

Индивидуальный мозговой штурм. Данный метод, по – существу, не отличается от метода коллективного мозгового штурма и проводится по тем же правилам. Единственное различие – сеанс проводится одним специалистом. Он сам генерирует идеи, сам их регистрирует, часто сам делает оценку своих идей. Длительность сеанса не должна превышать 3- 10 мин. Все возникшие идеи обязательно фиксируются на бумаге. К их оценке автору следует приступить не сразу, а через некоторое время, например через неделю. Для успешного применения индивидуального мозгового штурма необходимо научиться задавать самому себе вопросы с возможными альтернативными ответами.

Мозговой штурм на доске. В специальном помещении, где проводится деловое совещание, необходимо повесить на стену специальную доску, чтобы сотрудники размещали на ней листки с записями тех творческих идей, которые придут им в голову в течение рабочего дня. Эту доску следует повесить на самом видном месте. В центре ее должна быть написана – большими яркими (разноцветными) буквами – требующая разрешения проблема.

Мозговой штурм в стиле «соло». Этой технологией можно пользоваться как при коллективной работе, так и индивидуальной. Если кто-то из специалистов хочет воспользоваться техникой мозговой атаки самостоятельно, то лучше создать для своих идей специальную картотеку. Занесения в картотеку заслуживают абсолютно все идеи – удачные, не очень удачные, а то и вовсе кажущиеся абсурдными или пустыми. Затем необходимо рассортировать все свои идеи, что-то добавить, улучшить и подвести итоги, выбрав те мысли, которые будут оптимально способствовать достижению поставленной цели, решению проблемы.

Визуальный мозговой штурм. Как правило, идеи появляются быстро, одна за другой, и зарисовка сделанная в момент рождения идеи позволит не только зафиксировать удачную мысль, но и не потерять темп в процессе размышления. Основные принципы визуальной мозговой атаки:

- скорость и гибкость мышления;
- отсутствие преждевременной критики;

- быстрая реакция.

Мозговой штурм по-японски. Существует также японская (кольцевая) система принятия решений – «кингисё», суть которой состоит в том, что на рассмотрение готовится проект новшества. Он передается для обсуждения лицам по списку, составленному руководителем. Каждый должен рассмотреть предлагаемое решение и дать свои замечания в письменном виде. После этого проводится совещание. Как правило, приглашаются те специалисты, чье мнение руководителю не совсем ясно. Эксперты выбирают свое решение в соответствии с индивидуальными предпочтениями. И если они не совпадают, то возникает вектор предпочтений, который определяют с помощью одного из следующих принципов:

- *большинства голосов* – выбирается решение, имеющее наибольшее число сторонников;
- *диктатора* – за основу берется мнение одного лица. Этот принцип характерен для военных организаций, а так же для принятия решений в чрезвычайных обстоятельствах;
- *принцип Курно* используется в том случае, когда коалиций нет, т.е. предлагается число решений, равное числу экспертов;
- *принцип Пяreto* используется при принятии решений, когда все эксперты образуют единое целое, одну коалицию;
- *принцип Эджворта* используется в том случае, если группа состоит из нескольких коалиций, каждой из которых невыгодно отменять свое решение.

Дальнейшим развитием метода мозгового штурма является синектика или «синектический штурм» – наиболее сильная из созданных за рубежом методик психологической активации творчества. Идея синектики состоит в объединении отдельных «творцов» в единую группу для совместной постановки и решения конкретных творческих задач, а само понятие «синектика» включает в себя целый комплекс инструментов и методов. Метод основан на использовании бессознательных механизмов, проявляющихся в мышлении человека в мо-

мент творческой активности. В ситуации когда люди объединены в группу, от них требуется высказывать свои мысли и чувства по поводу поставленной творческой задачи. Нерациональная форма обсуждения является причиной проявления в памяти метафор, образов, символов». Особенностью синектики, отличающей ее от обычного метода мозгового штурма, является организация влияния группы на творческую активность индивидов. При этом внимание уделяется попыткам превзойти самого себя, отказу от стандартных подходов. Творческое соревнование имеет в группе участников в синектике большое значение, каждый стремится «взять на себя» наибольшую часть выдвигаемых творческих решений. Важным критерием для отбора членов группы является эмоциональный тип. Он влияет на то как человек подходит к поставленной задаче. Здесь обнаруживается еще одна существенная линия отличий синектики от мозгового штурма. Подбор группы генераторов мозгового штурма состоит в выявлении активных творцов, обладающих различными знаниями. Их эмоциональные типы особо не учитываются. В синектике же совсем наоборот. Скорее будут выбраны два человека с одним и тем же багажом знаний и опыта, если при этом они совершенно различны в эмоциональной сфере. Синектика определяет творческий процесс как умственную активность в ситуации постановки и решении творческой задачи, где результатом является творческое или художественное решение. Обобщенно синектика включает в себя два базовых процесса: *превращение незнакомого в знакомое* и *превращение знакомого в незнакомое*. *Превратить знакомое в незнакомое* – означает перевернуть, переменить повседневный, рутинный, общепринятый взгляд и реакцию на вещи. Синектика полагает, что рассмотрение известного как неизвестного – основа творчества. *Цель синектики* – направить спонтанную деятельность головного мозга и нервной системы участников совещания на исследование и преобразование проектной проблемы. Организация проведения сессии синектики (синектического заседания) заимствована из мозгового штурма, однако все же отличается от него использованием некоторых приемов психологической настройки в том числе очень активным применением аналогий.

При разработке идеи или концепции человеческий мозг осуществляет некую деятельность, представляющую собой систему различных действий. Это сбор и переработка информации, ее осмысление, генерирование идей, прогнозирование, принятие решений, их реализация, контроль. Импульс начала творческого процесса возможен ситуации выбора. Чтобы идея появилась нужен инсайт или использование специальных эвристических технологий генерирования идей, к каким относится синектика. Особенно часто феномен «инсайта» проявляется в работе хорошо тренированной, подготовленной группы, когда она действует слаженно, фиксируясь на более или менее нерациональной основе своих рассуждений по проблеме, некоторое время избегая попыток формулировать окончательно завершённые идеи и мысли. Применение аналогий в творческом процессе является промежуточным звеном между интуитивными и логическими процедурами мышления. В решении творческих задач используют различные аналогии: *конкретные* и *абстрактные*, аналогии *живой* и *неживой* природы и т.д.

В синектике реализуется последовательно следующая цепочка действий:

- 1) разбор проблемы;
- 2) обсуждение вопроса (насколько проблема понята участниками);
- 3) определение главных трудностей и противоречий, препятствующих решению проблемы;
- 4) постановка наводящих вопросов;
- 5) поиск аналогий, позволяющих выразить заданную проблему в терминах,
- 6) хорошо знакомых членам группы по опыту их работы;
- 7) превращение обычного в привычное;
- 8) развитие и формулировка перспективной идеи и ее упаковка в термины
- 9) реальных действий.

Выдвижение идей и их последующий отбор во многом зависит от руководителя совещания, его профессионального и коммуникативного мастерства, такта, мобильности и находчивости, умения создавать творческую атмосферу и активность.

Процесс организации творческой работы в синектике включает следующие основные моменты:

- первоначальная постановка проблемы;
- анализ проблемы и сообщение необходимой вводной информации;
- выяснение возможностей решения проблемы;
- переформулирование проблемы;
- совместный выбор одного из вариантов переформулированной проблемы;
- выдвижение образных аналогий;
- подгонка намеченных участниками синектического штурма подходов к решению или готовых решений к требованиям, заложенным в постановке проблемы.

В реальной практике проведения синектического штурма на совещании участники, как правило, стремятся немедленно, без соблюдения всех перечисленных синектических процедур найти решение проблемы.

Метод номинальной групповой техники построен на принципе ограничения межличностных коммуникаций. Свои предложения участники группы излагают в письменном виде самостоятельно и независимо от других. На следующем этапе каждый участник докладывает суть своего проекта, а представленные варианты рассматриваются членами группы без обсуждения и критики. Затем каждый член группы опять независимо от остальных, в письменном виде проставляет ранговые оценки рассмотренных идей. Проект, получивший наивысшую оценку принимается за основу решения. Метод позволяет организовать совместную работу группы, не ограничивая индивидуального мышления каждого участника. Близким методом номинальной групповой техники является японский метод принятия группового решения «ринги».

Метод типа «сценариев». Методы подготовки и согласования представлений о проблеме или анализируемом объекте, изложенных в письменном виде, получили название *сценариев*. Первоначально этот метод предполагал под-

готовку текста, содержащего логическую последовательность событий или возможные варианты решения проблемы, развернутые во времени. Однако позднее обязательное требование временных координат было снято, и сценарием стали называть любой документ, содержащий анализ рассматриваемой проблемы и предложения по ее решению или по развитию системы, независимо от того, в какой форме он представлен. Как правило, на практике предложения для подготовки подобных документов пишутся экспертами вначале индивидуально, а затем формируется согласованный текст.

Сценарий предусматривает не только содержательные рассуждения, помогающие не упустить детали, которые невозможно учесть в формальной модели (в этом собственно и заключается основная роль сценария), но и содержит, как правило, результаты количественного технико-экономического или статистического анализа с предварительными выводами. Группа экспертов, подготавливающая сценарий, пользуется обычно правом получения необходимых справок от предприятий и организаций, необходимых консультаций.

На практике по типу сценариев разрабатывались прогнозы в отраслях промышленности. Разновидностью сценариев можно считать комплексные программы научно-технического прогресса и его социально-экономических последствий.

Роль специалистов по системному анализу при подготовке сценария – помочь привлекаемым ведущим специалистам соответствующих областей знаний выявить общие закономерности системы; проанализировать внешние и внутренние факторы, влияющие на ее развитие и формирование целей; определить источники этих факторов; проанализировать высказывания ведущих специалистов в периодической печати, научных публикациях и других источниках научно-технической информации; создать вспомогательные информационные фонды (лучше автоматизированные), способствующие решению соответствующей проблемы.

В последнее время понятие сценария все больше расширяется в направлении, как областей применения, так и форм представления и методов их разра-

ботки: в сценарий вводятся количественные параметры и устанавливаются их взаимозависимости, предлагаются методики подготовки сценария с использованием ЭВМ (машинных сценариев), методики целевого управления подготовкой сценария.

Сценарий позволяет создать предварительное представление о проблеме (системе) в ситуациях, когда не удастся сразу отобразить ее формальной моделью. Но все же сценарий – это текст со всеми вытекающими последствиями (синонимия, омонимия, парадоксы), связанными с возможностью неоднозначного его толкования разными специалистами. Поэтому такой текст следует рассматривать как основу для разработки более формализованного представления о будущей системе или решаемой проблеме.

Метод средневзвешенных критериев является эффективным для оценки экспертами ряда альтернатив и вариантов слабо структурированных решений. Система взвешенных критериев может быть применена, например, для оценки поставщиков продукции.

На первом этапе экспертами дается оценка непосредственно критериев выбора. Предположим, цена за материал, размер минимальных поставок и т.д. Все критерии «взвешиваются» по отношению к главному критерию (табл.). По выбранным взвешенным критериям оцениваются все возможные варианты решений. Допустим, четыре фирмы-поставщики продукции: А, Б, В, Г. На самом деле их может быть значительно больше. На этом этапе производится сравнительная оценка каждой фирмы по каждому критерию (табл.).

Таблица 2.

Критерии выбора	Вес	А	Б	В	Г
Цена за материал	10	10	4	6	8
Размер минимальных поставок	4	10	10	3	2
Скидки и льготы	8	1	2	10	6
Качество материала	7	7	10	5	9
Дальность расстояния	10	2	4	6	10
Статус фирмы	2	10	8	4	6

На последнем этапе определяется суммарное взвешивание вариантов с учетом разной «весовой» категории каждого критерия, т.е. перемножаются весовые показатели критериев выбора на взвешенные варианты по каждой строке (табл.). Суммарная взвешенная оценка показывает наиболее адекватную оценку фирм-поставщиков.

Таблица 3.

Критерии выбора	А	Б	В	Г
Цена за материал	100	40	60	80
Размер минимальных поставок	40	40	12	8
Скидки и льготы	8	16	80	48
Качество материала	49	70	35	63
Дальность расстояния	20	40	60	100
Статус фирмы	20	16	8	12
Суммарная взвешенная оценка	237	222	255	311

Метод Дельфи (назван так в честь дельфийского оракула в Древней Греции) – один из методов экспертного прогнозирования, основанный на последовательной оценке специалистами любых предложенных альтернатив.

Метод «Дельфи» является *наиболее формальным* из всех методов экспертного прогнозирования и наиболее часто используется в технологическом прогнозировании, данные которого используются затем в планировании производства и сбыта продукции. Может быть применен в процессе группового принятия управленческого решения посредством выбора наилучшей альтернативы.

Метод «Дельфи» – это многоэтапный метод, предусматривающий первоначальное изолированное вынесение экспертами своих суждений и дальнейшую многократную их корректировку на базе ознакомления каждого эксперта с суждениями других экспертов до тех пор, пока величина разброса оценок не будет находиться в рамках заранее устанавливаемого желаемого интервала варьирования оценок. Метод характеризуется следующими чертами:

- анонимность мнений экспертов;
- регулируемая обработка, связь, которая осуществляется аналитической группой за ряд туров опроса, причем результаты каждого тура сообщаются экспертам;

- групповым ответом, который получается с помощью статистических методов и отображает обобщенное мнение участников экспертизы.

Результаты экспертных оценок заносятся в таблицу (табл.), где Р – ранговая оценка, присваиваемая экспертом альтернативе в зависимости от степени ее значимости. Наиболее значимая альтернатива, например, решение сменить поставщика, ставится на первое место (1 ранг); Б – балльная оценка дается экспертом от 1 до 10 баллов. За наивысший балл берется единица. $\Pi = P \times B$. По каждой альтернативе определяется сумма произведений. Наименьшая сумма произведений указывает на наиболее значимую альтернативу.

Таблица 1.

Распределение экспертных оценок альтернатив методом Дельфи

Ф.И.О.	Альтернативы											
эксперта	1			2			3			4		
	Р	Б	Π	Р	Б	Π	Р	Б	Π	Р	Б	Π
А												
Б												
В												
Г												
Д												

Основные средства повышения объективности результатов при применении метода «Дельфи – это использование *обратной связи* – ознакомление экспертов с результатами предшествующего тура опроса и учет этих результатов при оценке значимости мнению экспертов.

Метод Дельфи – это групповой метод, при котором проводится индивидуальный опрос группы экспертов относительно их предположений о будущих событиях в различных областях, где ожидаются новые открытия или усовершенствования. Опрос проводится с помощью специальных анкет анонимно, т.е. личные контакты экспертов и коллективные обсуждения исключаются. Полученные ответы сопоставляются специальными работниками, и обобщенные результаты снова направляются членам группы. На основе такой информации

члены группы, по-прежнему сохраняя анонимность, делают дальнейшие предположения о будущем, причем этот процесс может повторяться несколько раз (так называемая многотуровая процедура опроса). После того как начинает появляться совпадение мнений, результаты используются в качестве прогноза.

Надежность метода «Дельфи» считается высокой при прогнозировании на период как от 1 до 3 лет, так и на более отдаленный период времени. В зависимости от цели прогноза для получения экспертных оценок может привлекаться от 10 до 150 экспертов.

Метод Дельфи относится к классу *количественных методов* групповых экспертных оценок. Опрос экспертов проводится в 3-4 тура, состоящих из серии анкет. Вопросы конкретизируются от тура к туру. Для проведения этого метода необходимо также создать аналитическую группу, которая после каждого тура производит статистическую обработку полученной информации. Прежде всего, аналитики определяют область предпочтительных количественных значений объектов.

Процедуру экспертного опроса по методу «Дельфи» можно выделить в несколько этапов:

- 1) формирование рабочей группы. Ее задача заключается в организации процедуры экспертного опроса;
- 2) формирование экспертной группы. Она должна включать 10-15 специалистов в данной области. Компетентность экспертов определяется путем анкетирования, анализом уровня реферирования (количества ссылок на работы данного специалиста), использованием листов самооценки;
- 3) формулирование вопросов. Формулировки вопросов должны быть четкими и однозначно трактуемыми, предполагать однозначные ответы;
- 4) проведение экспертизы. Метод «Дельфи» предполагает повторение нескольких шагов проведения опроса;
- 5) подведение итогов опроса.

Для проведения первого тура экспертам предлагаются вопросы. Ответы

должны быть представлены в виде количественных оценок на поставленный вопрос. Ответ должен быть обоснован экспертом. Аналитическая группа проводит статистическую обработку полученной от всех экспертов информации. Для этого рассчитывается средневзвешенное значение исследуемого параметра, определяется медиана как средний член общего ряда чисел, полученных от экспертов и область доверительности. Эксперты должны обязательно познакомиться с результатами и выводами аналитиков, после чего проводится второй тур. Эксперты по результатам представленных расчетов могут увидеть, как корреспондируется их мнение с мнением всей группы экспертов. Они могут изменить свои мнения или оставить прежними, но в этом случае выдвинуть контраргументы в свою пользу. При этом строго соблюдается принцип анонимности. Таким образом проводится 2-3 тура. В итоге получаем довольно точную групповую оценку. Все полученные результаты предлагаются на рассмотрение экспертам. Если эксперты считают целесообразным откорректировать свое мнение, то они передают свои коррективы аналитической группе. И аналитическая группа рассчитывает новые результаты по тому алгоритму, который был рассмотрен.

При использовании метода «Дельфи» следует учитывать следующее:

- 1) группы экспертов должны быть стабильными и численность их должна удерживаться в благоразумных рамках;
- 2) время между турами опросов должно быть не более месяца;
- 3) вопросы в анкетах должны быть тщательно продуманы и четко сформулированы;
- 4) число туров должно быть достаточным, чтобы обеспечить всех участников возможностью ознакомиться с причиной той или иной оценки, а также и для критики этих причин;
- 5) должен проводиться систематический отбор экспертов;
- 6) необходимо иметь самооценку компетенции экспертов по рассматриваемым проблемам;
- 7) нужна формула согласованности оценок.

Качественный подход позволяет оценить специфику каждой конкретной ситуации. В некоторых случаях внимательное исследование различных специфических элементов, определяющих ситуацию, может быть более важным, чем проведение систематической количественной оценки. Здесь *недостатком* метода «Дельфи» является чрезмерная субъективность оценок – устаревшие стереотипы общества могут сыграть роковую роль при принятии решений.

Существует несколько *модификаций метода Дельфи*, в которых основные принципы организации экспертизы имеют много общего. Различия связаны с попытками усовершенствовать метод за счет более обоснованного отбора экспертов, введения схем оценки их компетентности, улучшенных механизмов обратных связей и т.п. Для удобства обработки информации все модификации, как правило, предполагают возможность выражения ответа в виде числа, количественной оценки. Но у него есть недостатки, например, субъективность мнений специалистов, участвующих в опросе, он не позволяет сталкивать в споре мнения экспертов и на него затрачивается много времени.

Некоторые недостатки метода Дельфи связаны с нехваткой времени, которое отведено эксперту на обдумывание проблемы. В этом случае эксперт может согласиться с мнением большинства, чтобы уйти от необходимости объяснения, в чем заключается отличие его решения от остальных вариантов.

Эти недочеты устраняются совершенствованием организации экспертиз путем создания автоматизированных систем обработки результатов опроса. Техническая реализация такой системы основана на использовании ЭВМ, которая обеспечивает представление вопросов экспертам, сбор и обработку результатов ответов, запрос и выдачу аргументации и другой необходимой информации для подготовки ответов. Кроме того, некоторые специалисты считают, что «предположение о том, чтобы те, кто резко расходится с мне-

нием большинства, обосновали свою точку зрения, может привести к усилению эффекта приспособления, а не уменьшить его, как это было задумано». Несомненно, что наибольшее применение этот метод нашел в областях, связанных с научно-техническим прогрессом. В частности, в нашей стране данный метод применялся для определения основных направлений научных исследований в области средств вычислительной техники и прогнозирования их характеристик, для оценки перспектив развития отраслей. В последнем случае с помощью данного метода могут быть решены следующие задачи:

- определение сроков выполнения работ от выдачи технического задания на работу до начала эксплуатации объекта;
- определение приоритетных направлений развития предприятия отрасли (по технологии производства, важнейшим экономическим характеристикам – объему производства, числу занятых объемам фондов и т.п.);
- определение критериев оценок значимости научных разработок и, др.

Опрос по методу Дельфи проводится каждые пять лет с временным диапазоном до 30 лет, постепенно охватывая все области науки и техники. Первый опрос, прогнозирувавший на период 1970-2000 гг., смог охватить 5 направлений и 644 темы.

Метод Дельфи как попытка предвосхитить будущее путем коллективной процедуры имеет и ряд *недостатков*:

- сомнения в достоверности результатов, полученных путем прямолинейного агрегирования индивидуальных мнений;
- сомнения в качестве выборки группы, экспертов, представляющей научное сообщество;
- размытость целей и результатов;
- высокая вероятность выработки детерминистского и пассивного взгляда на будущее;

- прямое некритичное копирование зарубежного опыта.

Применение метода Дельфи можно проиллюстрировать на следующем примере: проблема – оценить уровень спроса на товар А в 2008 году. Приглашены 10 экспертов. Каждый эксперт получил анкету с описанием товара и предполагаемого рынка сбыта. Экспертам предложено дать себе индивидуальную самооценку в баллах в диапазоне от 0 до 10. Уровень спроса предлагается оценить в % (процентах) в диапазоне от 0 до 100. Каждый эксперт работает самостоятельно и анонимно.

Аналитическая группа проводит следующий расчет: среднегрупповая самооценка равна $(10+8+\dots+9,9):10 = 8,61$; среднее значение спроса (простая оценка) равна $(90+100+\dots+80):10 = 83,5\%$; средневзвешенная оценка спроса равна $(10 \times 90 + 8 \times 100 + \dots + 9,9 \times 80) : (10+8+\dots+9,9) = 84,1\%$. Медиана в данном случае при четном числе экспертов рассчитывается как среднеарифметическое значение между серединными оценками и будет равна $Me = (80+80):2 = 80$ (оценки экспертов по уровню спроса располагаются по возрастанию). Область доверительности рассчитывается следующим образом: определяется минимальная оценка из набора экспертизы – 60%; максимальная оценка – 100%; квартиль будет равна $(100-60):4 = 10\%$.

Несмотря на то, что метод «Дельфи» очень популярен, его влияние на реальную структуру приоритетов в большинстве развитых стран следует всё же считать ограниченным. Во многих странах этот и другие методы выявления приоритетов часто попадают на «бесплодную почву», то есть либо не обеспечены механизмами реализации, либо уступают место другим приоритетам, выбранным в соответствии с политическими интересами.

Морфологический анализ

Основная идея морфологического подхода – систематически находить наибольшее число, а в пределе – всевозможные варианты решения поставленной проблемы или реализации системы путем комбинирования основных (выделенных исследователем) структурных элементов системы и их признаков. При этом система или проблема может разбиваться на части разными способами и рассматриваться в разных аспектах. Иначе, морфологический анализ – систематическое выделение всех возможных решений из структуры поставленной проблемы.

Таким образом, морфологический анализ является упорядоченным способом исследования сложных проблем, он позволяет добиться систематического образа всех возможных решений подобной проблемы. Морфологический анализ является средством активизации исследовательской и изобретательской деятельности, так как помогает выявить принципиально новые решения, которые могли бы быть упущены при традиционных методах анализа. Преимущество данного метода состоит в том, что он осуществим при наличии малого объема информации об изучаемой проблеме.

Морфологический анализ – средство изучения всевозможных комбинаций, вариантов организационных решений, предлагаемых для осуществления отдельных функций управления. Если записать столбиком все функции, а затем против каждой функции построчно указать все возможные варианты ее выполнения, то получим морфологическую матрицу. Идея этого метода заключается в том, чтобы сложную задачу разбить на мелкие подзадачи, которые легче решать по отдельности. При этом предполагается, что решение сложной задачи складывается из решений подзадач.

Недостатком морфологического анализа является сложность (трудоемкость) анализа результатов и относительно высокий уровень затрат. Это связано с большой размерностью задачи, обусловленной разнообразием вариантов решения.

Наибольшую известность среди методов морфологического моделирования получил метод «морфологического ящика».

Идея «морфологического ящика» состоит в определении всех возможных параметров, от которых может зависеть решение проблемы, и представление их в виде матриц – строк, а затем в определении в этой морфологической матрице – «ящике» всех возможных сочетаний параметров по одному из каждой строки. Полученные варианты решений подвергаются оценке и анализу с целью выбора наилучшего.

Таблица

Морфологическая матрица способов выполнения функций управления

Функция	С п о с о б реализации функции управления					
	1	2	3	4	5	к
F)		P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄		P _{1k}
F ₂		P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄		P _{2k}
F ₃		P ₃₂	P ₃₃	P ₃₄		P _{3k}

Условные обозначения: F – функция, п – порядковый номер функции P – способ реализации функции к – порядковый номер способа реализации функции После построения матрицы необходимо оценить все имеющиеся в морфологическом ящике варианты решения и выбрать оптимальный вариант решения.

Методы анализа риска

Анализ риска начинается с выявления его источников и причин. Риск измеряется как вероятность определенного уровня потерь. Так, в качестве допустимого риска можно принять угрозу полной потери прибыли от того или иного проекта или от предпринимательской деятельности в целом. Критический риск сопряжен уже не только с потерей прибыли, но и с недополучением предполагаемой выручки, когда затраты приходится возмещать за свой счет. Наиболее опасным для предпринимателя является катастрофический риск, приводящий к

банкротству организации, потере инвестиций или даже личного имущества предпринимателя.

Для определения риска можно использовать *статистический, экспертный и комбинированный методы*.

На основе данных экономической рентабельности, к примеру за 10 лет, делается расчет дисперсии и прогнозируется ЭР (экономическая рентабельность) в следующем году. Определяется вероятность повторения признака, произведение вероятности на ЭР, квадрат последнего значения умножается на вероятность. Сумма всех значений в последнем столбце (табл.) дает дисперсию – 16. Квадрат из дисперсии равен стандартному отклонению. Так, в примере, приведенном Е.Стойковой, прогнозируемая ЭР будет равна 14% с отклонением 4% либо в сторону возрастания, либо убывания. *Статистический способ расчета степени риска* требует наличия большого массива данных, что является в ряде случаев затруднительным. *Экспертный метод* может быть дополнен *статистическим*. Определение риска необходимо для принятия важных инвестиционных решений. Определяя оптимальность того или иного проекта, предприниматель рассматривает во взаимосвязи с другими проектами, с уже налаженными видами деятельности. Если увеличивается отдача по одному проекту (виду деятельности), то отдача по другому может расти или наоборот, уменьшаться. Для измерения взаимосвязи между какими-либо видами деятельности в статистике используется показатель корреляции.

Таблица 4.

Расчет дисперсии				
ЭР, %	Вероятность, %	ЭР х вероятность, %	Фактическая ЭР – средняя ЭР	(Фактическая ЭР – средняя ЭР) ² х вероятность
8	0,1	8 x 0,1 = 0,8	8 – 14 = -6	-6 ² x 0,1 = 3,6
9	0,1	9 x 0,1 = 0,9	9 – 14 = -5	-5 ² x 0,1 = 2,5
10	0,1	10 x 0,1 = 1,0	10 – 14 = -4	-4 ² x 0,1 = 1,6
14	0,3	14 x 0,3 = 4,2	14 – 14 = 0	0 ² x 0,3 = 0
15	0,1	15 x 0,1 = 1,5	15 – 14 = 1	1 ² x 0,1 = 0,1
17	0,2	17 x 0,2 = 3,4	17 – 14 = 3	3 ² x 0,2 = 1,8
22	0,1	22 x 0,1 = 2,2	22 – 14 = 8	8 ² x 0,1 = 6,4
	Итого 1	Средняя ЭР = 14 %		Дисперсия = 16 Стандартное отклонение = 4 %

Корреляция – это связь между признаками, заключающаяся в изменении средней величины одного из них в зависимости от изменения значения другого. Корреляция может быть положительной или отрицательной. Если среднее значение какого-либо признака изменяется в одном направлении с изменением значения другого признака, говорят о положительной корреляции между ними. Допустим, с ростом доходов от производства процессоров увеличиваются доходы от производства системных плат. Если эти изменения разнонаправлены, то между данными признаками существует отрицательная корреляция. К примеру, с ростом доходов от производства системных плат доходы от производства радиоприемников уменьшаются. Расчет корреляции делается на основе данных отклонений от среднего значения (табл.).

Пример. Предприятие специализируется на производстве бытовой химии (стиральные порошки, чистящие средства, хозяйственное мыло и т.д.), и необходимо решить, чем выгоднее дополнить данное производство: производством моющих средств (шампунь, лосьон и т.д.) или хозяйственной утварью (тазы, мыльницы и т.д.) Ясно, что формирование успешного бизнес-портфеля зависит от целого ряда факторов, однако используемый метод позволит определить насколько те или иные бизнес-единицы, в данном случае продукты, взаимосвязаны между собой в плане экономической отдачи от проектов. Диверсификация с отрицательной корреляцией несколько уменьшает совокупную отдачу на предприятии, но сокращает риск резкого уменьшения доходов. Так, при составлении программы инвестиций можно уменьшить риск путем выбора проектов, находящихся в отрицательной корреляции между собой.

Таблица 5

Расчет корреляции								
Год	Отдача по каждому проекту			Отклонения от среднего значения, %			Корреляция	
	Бытов. химия	Моющ. средств	Утварь	Бытовая химия	Моющие средства	Утварь	Бытовая химия - Моющие средства	Бытовая химия - Утварь
1996	9	9	9	9-14=-5	9-10=-1	9-8=1	$(-5) \times (-1) = 5$	$(-5) \times 1 = -5$
1997	14	6	12	14-14=0	6-10=-4	12-8=4	$0 \times (-4) = 0$	$0 \times 4 = 0$
1998	14	8	9	14-14=0	8-10=-2	9-8=1	$0 \times (-2) = 0$	$0 \times 1 = 0$
1999	8	8	11	8-14=-6	8-10=-2	11-8=3	$(-6) \times (-2) = 12$	$(-6) \times 3 = -18$
2000	15	10	8	15-14=1	10-10=0	8-8=0	$1 \times 0 = 0$	$1 \times 0 = 0$
2001	17	13	5	17-14=3	13-10=3	5-8=-3	$3 \times 3 = 9$	$3 \times (-3) = -9$
2002	17	13	6	17-14=3	13-10=3	6-8=-2	$3 \times 3 = 9$	$3 \times (-2) = -6$
2003	10	10	7	10-14=-4	10-10=0	7-8=-1	$(-4) \times 0 = 0$	$(-4) \times (-1) = 4$
2004	14	10	6	14-14=0	10-10=0	6-8=-2	$0 \times 0 = 0$	$0 \times (-2) = 0$
2005	22	13	7	22-14=8	13-10=3	7-8=-1	$8 \times 3 = 24$	$8 \times (-1) = -8$
Средняя отдача, %	14	10	8				Итого 59	Итого - 42

Статистический метод исследования применяется для *анализа риска* проекта. Суть статистического метода заключается в том, что изучается статистика потерь и прибылей предприятия, устанавливается величина и частота получения *экономической отдачи* и составляется *прогноз на будущее*.

Под *отдачей* понимается экономическая рентабельность и эффективность затрат (инвестиций), которая рассчитывается как отношение прибыли к затратам, необходимым для ее получения.

Главные инструменты статистического метода оценки риска:

- *вариация* – изменение количественной оценки признака при переходе от одного случая (варианта) к другому, например, изменение экономической рентабельности от года к году,
- *дисперсия* – мера разброса (рассеяния, отклонения) фактического значения признака от его среднего значения,
- *стандартное отклонение*.

Для оценки степени риска сначала определяется *средняя экономическая рентабельность*, затем *дисперсия* и *стандартное отклонение*.

Методы корреляционно-регрессионного анализа являются классическим

инструментом математической статистики, широко используемым для исследования тесноты и характера взаимодействий между изучаемыми признаками на основе статических наблюдений. Основа регрессионного метода состоит в построении уравнения регрессии, наиболее точно отражающего сложившиеся эмпирические закономерности. Примером может служить построение регрессионной зависимости между показателями эффективности управления и обуславливающими его факторами – количеством и квалификацией персонала, оснащенностью труда, уровнем оплаты управленческого персонала. Корреляционный анализ изучает тесноту связей между признаками, например, степень зависимости результатов управления от квалификации высшего управленческого звена.

Метод последовательной подстановки позволяет изучить влияние на формирование системы управления персоналом каждого фактора в отдельности, исключая действия других факторов. Факторы ранжируются, отбираются наиболее существенные.

Динамический метод предусматривает расположение данных в динамическом ряду и исключение из него случайных отклонений. Тогда ряд отражает устойчивые тенденции. Этот метод используется при исследовании количественных показателей, характеризующих систему управления персоналом.

Параметрический метод основывается на количественном выражении исследуемых свойств системы и установления зависимости между рядом параметров. Задача этого метода установление функциональной зависимости между параметрами элементов производственной системы и системы управления для выявления степени их соответствия. Обычно выделяют функциональные и корреляционные зависимости. Корреляционные в отличие от функциональных являются неполными и искажаются влиянием посторонних факторов. В случае функциональной связи коэффициент корреляции равен 1. Корреляционный метод применяется в производстве для разработки разного рода нормативов, анализе спроса и предложения. Простейшим видом корреляционного уравнения,

характеризующего взаимосвязь между двумя параметрами, является уравнение прямой:

$$Y = a + bX,$$

где X, Y – независимая и зависимая переменные; a, b – постоянные коэффициенты

Примером линейной зависимости может быть объем реализации Y от объема произведенной на предприятии продукции X . Вывод о прямолинейном характере зависимости можно проверить путем простого сопоставления данных и регистрацией их в прямоугольной системе координат. Важной задачей является определение постоянных коэффициентов связи между переменными параметрами, которые наилучшим образом отвечают значениям X, Y . В данном примере, факторы влияющие на объемы производства и реализации продукции. Величина исследуемого параметра довольно часто складывается под влиянием не одного, а нескольких факторов. Поэтому можно использовать линейное уравнение множественной корреляции.

Метод сравнений позволяет сравнить существующую систему с подобной системой передовой организации, с нормативным состоянием или состоянием в прошлом периоде. Следует учитывать, что сравнение дает положительный результат при условии сопоставимости систем, их однородности. Расширить границы сопоставимости можно путем исключения факторов несопоставимости.

Метод аналогий заключается в применении организационных форм, которые оправдали себя в функционирующих системах управления со сходными экономико-организационными характеристиками по отношению к рассматриваемой системе. Сущность метода аналогий заключается в разработке типовых решений (например, типовой организационной структуры) и определении границ и условий их применения.

Факторный анализ – это ветвь *математической статистики*. Его цели, как и цель других разделов математической статистики, заключается в разработке моделей, понятий и методов, позволяющих анализировать и интерпре-

тировать массивы экспериментальных или наблюдаемых данных вне зависимости от их физической формы.

Факторный анализ состоит в переходе от первоначального описания исследуемых объектов, заданных совокупностью большого числа непосредственно измеряемых признаков, к описанию наиболее значимых компонентов, отражающих наиболее существенные свойства явления. Эти главные компоненты содержат большую часть информации, заключенной в первоначальных переменных X и объясняют большую часть их полной дисперсии. Такого рода переменные, называемые *факторами*, являются функциями исходных признаков. Для определения переменных, имеющих наибольшие факторные нагрузки, применяется *расчет дисперсии*, а также определяется *вклад компонента в полную дисперсию*. Переменные при использовании факторного анализа не подразделяются априорно на зависимые и независимые и рассматриваются как равноправные. В этом его отличие от *параметрического метода*, при котором берутся взаимозависимые переменные.

Одной из наиболее типичных форм представления экспериментальных данных является *факторная матрица*, столбцы которой соответствуют различным параметрам, свойствам, тестам и т.п., а строки – отдельным объектам, явлениям, режимам, описываемым набором конкретных значений параметров. На практике размеры матрицы оказываются достаточно большими: так, число строк этой матрицы может колебаться от нескольких десятков до нескольких сотен тысяч (например, при социологических обследованиях), а число столбцов – от одного – двух до нескольких сотен. Непосредственный, “визуальный”, анализ матриц такого размера невозможен, поэтому в математической статистике возникло много подходов и методов, предназначенных для того, чтобы “сжать” исходную информацию, заключенную в матрице, до обозримых размеров, извлечь из исходной информации наиболее “существенное”, отбросив “второстепенное”, “случайное”.

При анализе данных, представленных в форме матрицы, возникают два типа задач. Задачи первого типа имеют целью получить “короткое описание”

распределения объектов, а задачи второго – выявить взаимоотношения между параметрами.

Следует иметь в виду, что основной стимул для появления указанных задач заключается не только и не столько в желании коротко закодировать большой массив чисел, а в значительно более принципиальном обстоятельстве, имеющем методологический характер: коль скоро удалось коротко описать большой массив чисел, то можно верить, что вскрыта некая объективная закономерность, обусловившая возможность короткого описания; а ведь именно поиск объективных закономерностей и является основной целью, ради которой, как правило, и собираются данные. Что же касается проблемы короткого описания связей между параметрами при среднем числе этих параметров, то в данном случае соответствующая корреляционная матрица содержит несколько десятков или сотен чисел и сама по себе она еще не может служить “коротким описанием” существующих связей между параметрами, а должна с этой целью подвергнуться дальнейшей обработке. Факторный анализ как раз и представляет собой набор моделей и методов, предназначенных для “сжатия” информации, содержащейся в корреляционной матрице.

В основе различных моделей факторного анализа лежит следующая гипотеза: наблюдаемые или измеряемые параметры являются лишь косвенными характеристиками изучаемого объекта или явления, на самом же деле существуют внутренние (скрытые, не наблюдаемые непосредственно) параметры или свойства, число которых мало и которые определяют значения наблюдаемых параметров. Эти внутренние параметры принято называть факторами. Задача факторного анализа – представить наблюдаемые параметры в виде линейных комбинаций факторов и, может быть, некоторых дополнительных, “не существенных” величин – “помех”. Замечательным является тот факт, что, хотя сами факторы не известны, такое разложение может быть получено и, более того, такие факторы могут быть определены, т.е. для каждого объекта могут быть указаны значения каждого фактора.

Факторный анализ, независимо от используемых методов, начинается с

обработки таблицы интеркорреляций, полученных на множестве тестов, известной как корреляционная матрица, а заканчивается получением факторной матрицы, т.е. таблицы, показывающей вес или нагрузку каждого из факторов по каждому тесту. Таблица представляет собой гипотетическую факторную матрицу, включающую всего два фактора. Факторы перечисляются в верхней строке таблицы от более значимого к менее значимому, а их веса в каждом из 10 тестов даны в соответствующих столбцах.

Таблица

Гипотетическая факторная матрица

Тест	Фактор I	Фактор II
1.Словарный	0,74	0,54
2. Аналогии	0,64	0,39
3.Завершение предложений	0,68	0,43
4.Восстановление порядка слов в предложении	0,32	0,23
5.Понимание прочитанного	0,70	0,50
6.Сложение	0,22	-0,51
7.Умножение	0,40	-0,50
8.Арифметические задачи	0,52	-0,48
9.Составление уравнений	0,43	-0,37
10.Завершение числовых рядов	0,32	-0,25

Оси координат. Принято представлять факторы геометрически в виде осей координат, относительно которых каждый тест может быть изображен в виде точки. Рис. поясняет эту процедуру. На этом графике каждый из 10 тестов, приведенных в табл.1, отображен в виде точки относительно двух факторов, которые соответствуют осям I и II. Так, тест 1 представлен точкой с координатами 0,74 по оси I и 0,54 по оси II. Точки, представляющие остальные 9 тестов, построены аналогичным способом, с использованием значений весов из табл.

Следует заметить, что положение осей координат не фиксировано данными. Исходная таблица корреляций определяет лишь положение тестов (т.е.

точек на рис.) *друг относительно друга*. Те же точки можно нанести на плоскость с любым положением координатных осей. По этой причине при проведении факторного анализа обычно вращают оси до тех пор, пока не получают наиболее приемлемого и легко интерпретируемого отображения.

Выполнение обоих критериев дает факторы, которые можно наиболее легко и однозначно интерпретировать. Если тест имеет высокую нагрузку по одному фактору и не имеет значимых нагрузок по другим факторам, мы можем кое-что узнать о природе этого фактора, изучив содержание данного теста. Напротив, если тест имеет средние или низкие нагрузки по шести факторам, то он мало что скажет нам о природе любого из них.

На рис. хорошо видно, что после вращения осей координат все вербальные тесты (1-5) располагаются вдоль или очень близко к оси Г, а числовые тесты (6-10) тесно группируются вокруг оси II'. Новые факторные нагрузки, измеренные относительно повернутых осей, приведены в табл. Факторные нагрузки в табл. не имеют отрицательных значений, за исключением пренебрежительно малых величин, явно относимых к ошибкам выборки. Все вербальные тесты имеют высокие нагрузки по фактору Г и практически нулевые – по фактору II'. Числовые тесты, напротив, имеют высокие нагрузки по фактору II' и пренебрежимо низкие – по фактору Г. Таким образом, вращение координатных осей существенно упростило идентификацию и название обоих факторов, а также описание факторного состава каждого теста. На практике число факторов часто оказывается больше двух, что, разумеется, усложняет их геометрическое представление и статистический анализ, но не изменяет существа рассмотренной процедуры.

Таблица

Факторная матрица после вращения

Тест	Фактор I	Фактор II'
1. Словарный	0,91	-0,06
2. Аналогии	0,75	0,02
3. Завершение предложений	0,80	0,00
4. Восстановление порядка слов в предложении	0,39	-0,02
5. Понимание прочитанного	0,86	-0,04
6. Сложение	-0,09	0,55
7. Умножение	0,07	0,64
8. Арифметические задачи	0,18	0,68
9. Составление уравнений	0,16	0,54
Ю. Завершение числовых рядов	0,13	0,38

Некоторые исследователи руководствуются теоретической моделью как принципом вращения осей. Кроме того, принимается в расчет неизменность, или подтверждение одних и тех же факторов в независимо выполненных, но сравнимых исследованиях.

Интерпретация факторов. Получив после процедуры вращения факторное решение (или, проще говоря, факторную матрицу), мы можем переходить к интерпретации и наименованию факторов. Этот этап работы скорее требует психологической интуиции, нежели статистической подготовки. Чтобы понять природу конкретного фактора, нам ничего не остается, как изучить тесты, имеющие высокие нагрузки по этому фактору, и попытаться обнаружить общие для них психологические процессы. Чем больше оказывается тестов с высокими нагрузками по данному фактору, тем легче раскрыть его природу. Из табл. 2, к примеру, сразу видно, что фактор I вербальный, а фактор II' числовой. Приведенные в табл. 2 факторные нагрузки отображают к тому же корреляцию каждого теста с фактором.

Основные теории факторного анализа. На протяжении более полувека предпринимались многочисленные попытки с помощью статистических методов факторного анализа понять природу и организацию способностей,

связанных с разнообразной человеческой деятельностью. Тем не менее эти методы до сих пор остаются наиболее тесно связанными с изучением когнитивных способностей, или “интеллекта”, направлением, в рамках которого и зародился факторный анализ. Рассмотрим лишь некоторые широко известные теории интеллекта, выбор которых обусловлен их воздействием на конструирование и использование тестов.

Двухфакторная теория. Первой теорией организации черт, основанной на статистическом анализе показателей тестов, была двухфакторная теория, развитая английским психологом Чарльзом Спирменом (Spearman, 1904; 1927). В своем первоначальном виде эта теория утверждала, что все виды интеллектуальной активности используют долю единого общего фактора, названного *генеральным*, или фактором g (от англ. *general* – общий). Кроме того, в теории Спирмена постулировалось наличие многочисленных *специфических*, или s-факторов (от англ. *specific*), каждый из которых сказывается на выполнении только одной из интеллектуальных функций. Положительная корреляция между любыми двумя функциями приписывалась, таким образом, действию фактора g. Чем больше эти две функции были “насыщены” (*saturated*) фактором g, тем выше должна бы быть корреляция между ними. Напротив, присутствие специфических факторов вело к снижению корреляции между функциями.

Согласно двухфакторной теории, целью психологического тестирования должно быть измерение величины фактора g у каждого индивидуума. Если этот фактор пронизывает все способности, тогда он дает нам единственную основу для предсказания результатов деятельности индивидуума в разных ситуациях. Специфические факторы измерять бесполезно, так как каждый из них, по определению, сказывается только на какой-то одной функции. Вот почему Ч.Спирмен предложил заменить разнородную совокупность заданий, встречаемых в тестах интеллекта, единственным, пусть односторонним, тестом, но при этом высоко насыщенным фактором g. Он полагал, что тесты на абстрактные отношения, по всей вероятности, лучше всех других измеряют g и поэтому могут быть использованы для этой цели. Примерами тестов, разработанных

для измерения g , являются Прогрессивные матрицы Равена и Культурно-свободный тест интеллекта Кэттелла (*Cattell's Culture Fair Intelligence Test*).

Многофакторные теории. Преобладавший в американской психологии взгляд на организацию черт, основанный на ранних факторноаналитических исследованиях, заключался в признании ряда довольно широких групповых факторов, каждый из которых мог входить с разными весами в различные тесты. Например, вербальный фактор мог бы иметь значительный вес в словарном тесте, несколько меньший вес – в тесте словесных аналогий, и еще меньший – в тесте на арифметическое рассуждение. На рис. 3 в наглядной форме представлены интеркорреляции пяти тестов с точки зрения многофакторной модели. Корреляции тестов 1, 2 и 3 друг с другом – следствие их общих нагрузок вербальным фактором (V). Аналогично этому, корреляция между тестами 3 и 5 – результат действия пространственного фактора (S), а между тестами 4 и 5 – числового (N). Тесты 3 и 5 отличаются сложной факторной композицией: каждый имеет существенные нагрузки более чем по одному фактору (тест 3 – по факторам V и S , а тест 5 – по факторам S и N). Обращаясь к рассмотренной в предыдущем разделе основной теореме факторного анализа, мы можем сделать некоторые выводы об относительной величине этих интеркорреляций. Например, тест 3 будет сильнее коррелировать с тестом 5, чем с тестом 2, потому что веса фактора S в тестах 3 и 5 (области с диагональной штриховкой) больше, чем веса фактора V в тестах 2 и 3 (области с горизонтальной штриховкой).

Следует отметить, что различия между общими, групповыми и специфическими факторами не столь существенны, как может показаться в первый момент. Если число или разнообразие тестов в батарее невелико, одним общим фактором можно объяснить все корреляции между ними. Но когда те же самые тесты включены в батарею с более разнородным составом тестов, исходный общий фактор может выделиться как групповой, т.е. общий только для некоторых, но не для всех тестов. Аналогично этому, некоторый фактор может быть представлен только одним тестом в исходной батарее, но разделяться несколькими тестами в более крупной батарее. Такой фактор был бы идентифицирован

как специфический в первой батарее, но оказался бы групповым в более полной, комплексной батарее. Поэтому вряд ли нужно удивляться, что интенсивные факторные исследования специальных областей выявили множество факторов вместо одной или двух первичных умственных способностей, первоначально идентифицированных в каждой такой области. Именно это и произошло в исследованиях вербальных и перцептивных тестов, тестов памяти и тестов на логическое рассуждение.

Иерархические теории. Альтернативная схема организации факторов была предложена рядом английских психологов, включая С. Берта (Burt, 1949) и Ф. Вернона (Vernon, 1960) и американцем J1. Хамфрейсом (Humphreys, 1962). Схема, поясняющая применение Верноном этого подхода, воспроизведена на рис. На вершине иерархии Вернон поместил спирменовский фактор g. На следующем уровне – два широких групповых фактора, соответствующих вербально-образовательным (v:ed) и практикотехническим способностям (p:sh). Эти главные факторы можно далее подразделить на несколько второстепенных. Вербально-образовательный фактор, например, дает среди прочих вербальный и числовой субфакторы, а практико-технический разделяется на такие субфакторы, как технической осведомленности, пространственный и психомоторных способностей. Еще более узкие субфакторы можно выделить в ходе последующего анализа, скажем, вербальных заданий. На самом нижнем уровне иерархии находятся специфические факторы. В более поздний, уточненный вариант этой модели Вернон (Vernon, 1969) включил более сложные взаимосвязи и перекрестные вклады факторов на третьем уровне, особенно в том, что касается образовательных и профессиональных достижений. К примеру, научные и технические способности связаны в этой модели с пространственными способностями и технической осведомленностью; математические способности – с пространственными и числовыми, а также, почти напрямую, с фактором g (через фактор индукции).

Иерархическая модель интеллекта получает все более широкое признание как по теоретическим, так и по практическим соображениям. Как теорети-

ческая модель связи черт она совмещает единственный общий фактор (g Спирмена) с многофакторными отображениями. В методологическом плане было доказано, что многофакторные и иерархические решения математически эквивалентны и допускают преобразование одного в другое (Harman, 1976; chap.15; Schmid, & Leiman, 1957). Косоугольное решение (с коррелируемыми факторами), которое приводит к иерархической модели, можно преобразовать в ортогональное решение (с некоррелируемыми факторами). В ортогональном решении факторы второго порядка выделяются как факторы первого порядка иной широты. Более широкие факторы имеют нагрузки по большему числу переменных, чем менее широкие.

Следует помнить, что выявляемые с помощью факторного анализа черты – это не более чем выражение корреляций между мерами поведения. К ним следует относиться не как к первоэлементам или причинным факторам, а как к описательным категориям. Отсюда понятно, что различные принципы классификации могут применяться к одному и тому же набору данных.

Требования к организации факторного анализа. В работе исследователя по конструированию психодиагностического теста можно выделить три основных этапа:

- 1) формирование “чернового” варианта теста;
- 2) выбор диагностической модели и определение ее параметров;
- 3) стандартизация и испытание построенной диагностической модели.

Под *диагностической моделью* понимается способ компоновки (преобразования) исходных диагностических признаков (вариантов ответов на задания теста) в диагностический показатель. Таких способов может быть бесконечное множество. Для определения параметров диагностической модели используются различные методы эмпирико-статистического анализа данных. В частности, если во множество исходных признаков входят несколько взаимосвязанных признаков, то одну или сразу несколько диагностических моделей можно получить, используя методы факторного анализа.

Факторный анализ является сложной процедурой. Как правило, хорошее

факторное решение (достаточно простое и содержательно интерпретируемое) удастся получить по меньшей мере после нескольких циклов ее проведения – от отбора признаков до попытки интерпретации после вращения факторов. Для того чтобы прийти к нему, надо соблюдать немало требований, среди которых основные:

- 1) переменные должны быть измерены, по крайней мере, на уровне шкалы интервалов (по классификации Стивенса). Многие переменные, такие как меры отношений и мнений в социологии, различные переменные при обработке результатов тестирования, не имеют точно определенной метрической основы. Тем не менее предполагается, что порядковым переменным можно давать числовые значения и включать в факторный анализ;
- 2) не следует включать дихотомические переменные. Но если цель исследования состоит в нахождении кластерной структуры, использование факторного анализа к данным, содержащим дихотомические переменные, оправданно;
- 3) отбирая переменные для факторного анализа, следует учесть, что на один искомый фактор должны приходиться не менее трех переменных;
- 4) для хорошо обоснованного окончательного решения необходимо, чтобы число испытуемых было в три или более раз больше, чем число переменных, в совокупности которых определяется окончательное факторное решение. Впрочем, это требование не является общепринятым. Поскольку количество испытуемых увеличить труднее по ходу обработки, то следует отобрать столько переменных, чтобы их число не превышало одной трети от числа испытуемых.

Для разведочного компонентного или факторного анализа это требование соблюдать не обязательно, но надо помнить, что чем сильнее оно нарушено, тем менее точны результаты. Это означает, что если сбор данных будет проведен на другой выборке, то получится новое факторное решение, которое лишь отчасти будет схоже с тем, которое получено на имеющейся выборке. Следовательно, делаемые выводы не носят общего характера, их нельзя распространять

на другие случаи, а именно:

- 1) не имеет смысла включать в факторный анализ переменные, которые имеют очень слабые связи с остальными переменными. С большой вероятностью они будут иметь малую общность и не войдут ни в один фактор. Если в работе не стоит задача сформировать шкалу вопросника на основе факторного анализа или какая-либо аналогичная задача, то не следует также включать все переменные, имеющие друг с другом очень тесные связи. Скорее всего, они образуют один фактор. Чем больше таких переменных включается в факторный анализ, тем больше вероятность того, что они образуют первый фактор и к нему присоединится большинство остальных переменных;
- 2) устойчивость выявленной факторной структуры (ее неслучайность) тем меньше, чем больше составляющих ее факторов. Она также неустойчива при малом количестве испытуемых. В четвертом пункте обсуждалось достаточное количество испытуемых.

Основные этапы факторного анализа:

- 1) сбор эмпирических данных и подготовка корреляционной (ковариационной) матрицы;
- 2) выделение первоначальных (ортогональных) факторов;
- 3) вращение факторной структуры и содержательная интерпретация результатов факторного анализа.

Второй этап – это прежде всего *выбор метода факторного анализа*. Назовем наиболее используемые из них в психологии.

Метод главных компонент. В данном методе поиск решения идет в направлении вычисления собственных векторов (факторов), а собственные значения характеризуют дисперсию (разброс) по факторам.

Метод главных факторов. Для определения числа факторов используются различные статистические критерии, при помощи которых проверяется гипотеза о незначительности матрицы корреляционных остатков.

Метод максимального правдоподобия (Д. Доли), в отличие от предыду-

щего, основывается не на предварительной оценке общностей, а на априорном определении числа общих факторов и в случае большой выборки позволяет получить статистический критерий значимости полученного факторного решения.

Метод минимальных остатков (Г. Харман) основан на минимизации внедиагональных элементов остаточной корреляционной матрицы; проводится предварительный выбор числа факторов.

Альфа-факторный анализ был разработан специально для изучения психологических данных; выводы носят в основном психометрический, а не статистический характер; минимальное количество общих факторов оценивается по собственным значениям и коэффициентам общности. Факторизация образов, в отличие от классического факторного анализа, предполагает, что общность каждой переменной определяется как линейная регрессия всех остальных переменных.

В настоящее время методы факторного анализа составляют сложную специальную область математической статистики. В психологической диагностике факторный анализ широко используется как для решения исследовательских задач, так и при конструировании психодиагностических методик. Факторный анализ является эффективным средством получения короткого описания взаимоотношений между параметрами при среднем числе параметров и, кроме того, в несколько модифицированном виде служит одной из основных составляющих лингвистических методов обработки экспериментальных данных с большим числом параметров. Многочисленные экспериментальные исследования, в частности по обработке психологических, социологических, экономических и других данных, показали, что определяемые факторы, как правило, хорошо интерпретируются как некоторые существенные внутренние характеристики изучаемых объектов. Таким образом, факторный анализ оказался эффективным формальным средством генерации новых понятий и гипотез в самых различных науках.

В настоящее время факторный анализ все чаще используется в роли под-

тверждающего, чем исследовательского метода. Нередко его сочетают с моделированием структурными уравнениями для оценивания теоретически сформулированной модели вклада различных переменных в выполнение задачи.

Слабое место традиционного факторного анализа – в недостаточном внимании к выбору анализируемых переменных. Поскольку конечным результатом методов факторного анализа является, как правило, получение содержательно интерпретируемых факторов, то при решении практических задач факторный анализ в настоящее время является еще в большой мере искусством, овладение которым требует некоторого опыта.

Как указывалось ранее, основная задача факторного анализа состоит в экономном описании экспериментальных данных. Это вовсе не означает, что всегда методами факторного анализа ищут “фундаментальные”, “базисные” категории (факторы) в данной области, например, в психологии. Иногда бывает необходимо по возможности наиболее полно проанализировать набор параметров, характеризующих умственные способности некоторой популяции. Но даже и в этом случае факторы не могут полностью описать ситуацию хотя бы потому, что некоторые важные параметры попросту еще не придуманы. Теоретически задача исчерпывающе полного описания неразрешима; однако в практическом исследовании с ограниченным кругом решаемых вопросов и небольшим числом рассматриваемых параметров она разрешима вполне. Нужно только помнить, что факторный анализ дает всегда интерпретацию лишь данного экспериментального материала и, следовательно, сокращенное описание лишь данного набора параметров.

Главную цель факторного анализа хорошо выразил Келли: “Факторный анализ не пытается искать истину в бесконечном времени, бесконечном пространстве или для бесконечной выборки; наоборот, он стремится дать простое описание конечной группы объектов, функционирующих конечным числом способов, в терминах некоторого пространства небольшого числа измерений. Разочарован будет тот, кто пожелает найти в факторном анализе более туманные цели и истины”.

Области применения факторного анализа. Методы факторного анализа нашли применение главным образом в психологии. Причиной этому был тот факт, что факторный анализ зародился в психологии и формализм этой дисциплины тесно связан с психологической концепцией ментальных факторов; даже специалисту-статистику трудно заметить и установить связь между методами факторного анализа и методами обычной математической статистики”.

Решение, полученное методами факторного анализа, может послужить основой при формулировании некоторой научной гипотезы; возможно и обратное: методами факторного анализа ищется подтверждение существующей гипотезы. Теория Спирмена является иллюстрацией второго подхода. Спирмен показал, что если между парными корреляциями имеются определенные взаимосвязи, то может быть выписана система линейных уравнений, связывающих все рассматриваемые параметры, генеральный фактор и по одному дополнительному характерному фактору на каждый параметр. Эти взаимосвязи и позволяют дать статистическое обоснование двухфакторной теории. Если набор психологических параметров не удовлетворяет условиям существования указанных взаимосвязей, то может быть постулирована более сложная гипотеза, требующая уже несколько генеральных факторов для адекватного статистического описания системы параметров.

Одна из наиболее ранних работ, связанных с расширением сферы приложения факторного анализа, была проделана в 1950 г. Т.Келли. В ней предлагался метод достижения максимальной социальной полезности каждого индивидуума при сохранении индивидуальных свобод и прав. Во время второй мировой войны факторный анализ широко применялся различными военными службами США в связи с решением проблем классификационных проверок, классификации и распределения личного состава. Разумеется, психологи и по сей день продолжают развивать и применять методы факторного анализа. Столь же широкое применение, как и при исследовании интеллекта, факторный анализ получил и в других областях психологии, в частности при изуче-

нии темперамента, создании клинической терапии и т.д. За последние годы факторный анализ все более широко начал применяться и в других областях знания: в социологии, метеорологии, медицине, географии, экономике и др.

В факторном анализе при исследовании конкретных массивов информации существует возможность использовать различные модели, или, иначе, различные виды факторных решений. На основании этой неопределенности факторного анализа некоторые ученые ставили под сомнение его полезность как орудия научного исследования. Очевидно, однако, что точно также подобного обвинения заслуживают и другие прикладные науки, поскольку и в них имеются теоретические альтернативы.

За всю историю развития факторного анализа психологи и статистики разработали несколько типов факторных решений. Сторонник очередной теории аргументировал обычно ее полезность возможностью интерпретации психологических экспериментов. Сильнейшие эмоции, характерные для одного периода развития факторного анализа, остроумно выразил Куртон: «Факторную теорию можно определить как математически разумную гипотезу. Специалист в области факторного анализа – это субъект, одержимый некой навязчивой идеей о природе умственных способностей или личности. Применяя высшую математику к исследуемому предмету, он доказывает, что его оригинальная точка зрения верна и неизбежна. Обычно он доказывает также, что все другие специалисты в факторном анализе – опасные сумасшедшие и единственное их спасение состоит в том, чтобы принять его теорию; только в этом случае выяснится истина об их болезни. Поскольку противники никогда не поддерживают такое обвинение, то он обзывает их безнадежными и устремляется в области математики, наверняка им не известные; тем самым доказывает не только необходимость, но и достаточность неизлечимости оппонентов».

Преимущество тех или иных исследовательских методов, приемов, используемых в практике менеджмента, определяется возможностью получения управленческого эффекта, преодоления проблем и моделирования оптимально-

го прогноза деятельности организации на перспективу.

Примером успешного использования моделирования в стратегическом планировании является концепция Бостонской Консультативной Группы (BCG), которая также известна как модель «роста-доли». Модель BCG представляет из себя матрицу, на которой бизнес-единицы изображены окружностями (рис.).

Ось абсцисс является логарифмической, поэтому коэффициент, характеризующий относительную долю рынка, занимаемую бизнес-областью, изменяется от 0,1 до 10. Доля рынка рассчитывается как отношение объема продаж организации в соответствующей бизнес-области к общему объему продаж у ее конкурента. По оси ординат берутся темпы роста рынка, определяемые объемами выпущенной продукции. В оригинальной версии BCG границей высоких и низких темпов роста является 10%-ое увеличение объема производства в год.

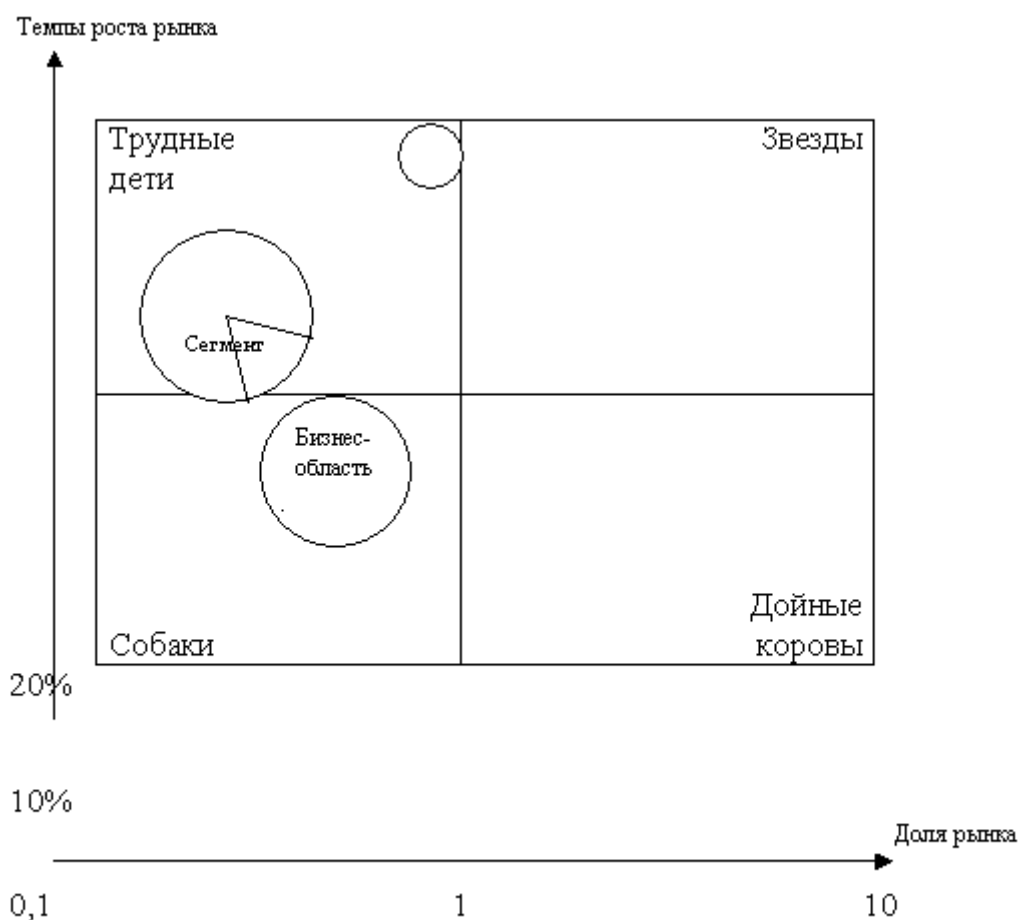


Рис. Расположение бизнес-областей на матрице BCG

Каждая нанесенная на матрицу окружность характеризует только одну бизнес-единицу, присутствующую в бизнес-портфеле исследуемой организации. Например, организация, поставляющая на рынок молочные продукты питания, имеет в своем портфеле такие бизнес-единицы, как: сыры, йогурт, кисломолочные питьевые продукты (кефир, ряженка) и т.д. Величина нанесенной на матрицу окружности пропорциональна общему размеру всего рынка. Данный размер определяется простым сложением бизнеса организации и соответствующего бизнеса конкурентов. Иногда на окружности выделяется сегмент, характеризующий относительную долю бизнес-области организации на данном рынке. Размеры рынка оцениваются по объемам продаж, иногда по стоимости активов.

Матрица BCG состоит из четырех квадратов, имеющих образные названия: звезды, дойные коровы, трудные дети (дикие кошки), собаки. «Звезды» как правило, новые бизнес-области, занимающие большую долю быстро растущего

рынка, лидеры своих отраслей, гарантирующие организации высокие доходы. «Дойные коровы» – это области, которые получили значительную долю рынка, однако со временем их рост замедлился. Несмотря на это они обеспечивают организациям значительные прибыли и помогают удерживать конкурентные позиции на рынке. «Трудные дети» или «дикие кошки» конкурируют в растущих отраслях, но занимают небольшую долю рынка. Поэтому они, как правило, являются чистыми потребителями денежной наличности до тех пор, пока не изменится их рыночная доля, т.е. они не перейдут в позицию «звезд». Положение «диких кошек» самое неопределенное. При недостатке инвестирования они могут скатиться до положения «собаки».

Бизнес-области с небольшой долей рынка в медленно развивающихся отраслях – это «собаки». Им очень трудно удерживать свои позиции, и такой бизнес, как правило, сокращается.

Основное внимание в модели BCG сосредоточено на потоке денежной наличности, которая направляется на проведение операций в отдельно взятой бизнес-области. Уровень дохода или расхода денежной наличности находится в сильной зависимости от темпов роста рынка и относительной доли организации на этом рынке. На стадии зрелости и на заключительной стадии жизненного цикла успешный бизнес генерирует денежную наличность, а на стадии роста бизнеса происходит поглощение денежной массы.

Для поддержания непрерывности успешного бизнеса, свободная денежная масса, образующаяся в результате осуществления зрелого бизнеса, частично инвестируется в новые области бизнеса, которые в будущем могут стать источниками дохода. Если темпы роста рынка высокие в сравнении с другими рынками, то организация, размещающая свои бизнес-единицы в соответствующей области, очень скоро может получить отдачу от инвестиций.

Метод BCG апробирован как инструмент прогнозирования денежных потоков и формирования стратегического бизнес-портфеля, показывает нам, как можно успешно использовать весь комплекс исследовательских приемов в менеджменте.

Бухгалтерский учет как *экономический метод исследования систем управления* при управлении *экономическими рисками* представляет информацию для экономического и финансового анализа, а аудит обеспечивает достоверность такой информации. *Финансовый результат* подразумевает разность между доходами и расходами, а *финансовая проблема* – критическое рассогласование между желаемым и реальным финансовым состоянием объекта управления. *Бухгалтерский баланс* является основной отчетной и аналитической формой юридического лица. Сравнение балансов на начало и конец отчетного периода позволяет получать важную информацию о системе управления предприятием за отчетный период, предупреждать возможные проблемы в его финансовом состоянии, в т.ч. банкротство. Бухгалтерский баланс получают как результат бухгалтерского учета, который является системным описанием взаимосвязи ряда элементов: активов, обязательств, собственности.

Методы исследования систем управления качеством

Метод Парето – известный метод, применяемый японскими группами качества для исследования проблем, связанных с дефектами. В соответствии с принципом Парето, любой дефект представляет собой результат действия целой группы причин, одна или две из которых выступают в качестве доминирующих. В системе контроля качества метод Парето используют для определения тех главных причин брака, которые ведут к самым существенным издержкам производства. Поскольку 80 % издержек приходится только на 20% всех возможных причин, то именно на их поиске и сосредотачиваются все усилия.

Диаграмма Парето объединяет *гистограмму* и *кумуляту*, размещенных на прямоугольной основе системы координат. Гистограмма представляет собой набор столбиков, которые иллюстрируют измеряемую величину, например, количество сведенных в конкретные группы дефектов. *Кумулята* – это возрастающая ломаная линия, отражающая процесс последовательного наращивания столбиков диаграммы.

При использовании диаграмм Парето составляющие, по которым производится анализ, объединяются в три группы: А,В,С. В первую группу объединяют три фактора, которые по своей величине превосходят все остальные и располагают их в порядке убывания. Во вторую группу заносят три последующие фактора, в третью – все остальные факторы, выделяя в качестве последнего «прочие», т.е. которые не удалось разделить на составляющие. Если проводить стоимостный анализ, то на группу А приходится 70-80% всех затрат, на группу В – 10-25 %, на группу С – 5-10 %.

Ниже приведен пример построения диаграммы Парето по данным о браке в производстве кровельных листов (табл.).

Таблица 6

Данные о браке в производстве кровельных листов

Вид брака и количество некачественных изделий	Потери от брака в денежном выражении, тыс.руб.	Потери от брака в процентном выражении, %
1. Боковые трещины - 140	5,4	3,44
2.Шелушение краски - 3400	3,7	2,39
3.Коробление - 900	62,0	40,18
4.Отклонение от перпендикулярности - 320	20,0	12,96
5.Грязная поверхность - 1320	4,5	2,91
6.Винтообразность - 1250	8,5	5,5
7.Трещины по поверхности - 820	10,0	6,4
8.Боковой изгиб - 420	30,0	19,44
9.Прочие причины - 600	10,2	6,66
ИТОГО	154,3	100 %

Порядок построения диаграммы следующий:

- 1) сбор данных о количестве видов брака, подсчет суммы потерь по каждому из видов;
- 2) виды брака располагают на графике в порядке убывания суммы потерь (рис.). По оси абсцисс откладывают виды брака, по оси ординат – суммы потерь;
- 3) построение гистограммы, где каждому виду брака соответствует свой столбик. Вертикальная сторона столбика соответствует величине потерь от данного вида брака;
- 4) получение кумулятивной кривой (*кривой Лоренца*). На правой стороне графика откладывают значение кумулятивного процента, рассчитанного по трем группам: А,В,С. Например, в данном случае, берется сумма про-

центров видов брака 3,8,4 (коробление, боковой изгиб, отклонение от перпендикулярности), и она откладывается на процентной шкале на уровне соответствия ее видам брака. Так, $40,18+19,44+12,96 = 72,58 \%$. Остальные группы В,С рассчитываются аналогичным образом;

- 5) на построенной диаграмме Парето указывают название, число данных, процент брака, сумму потерь.

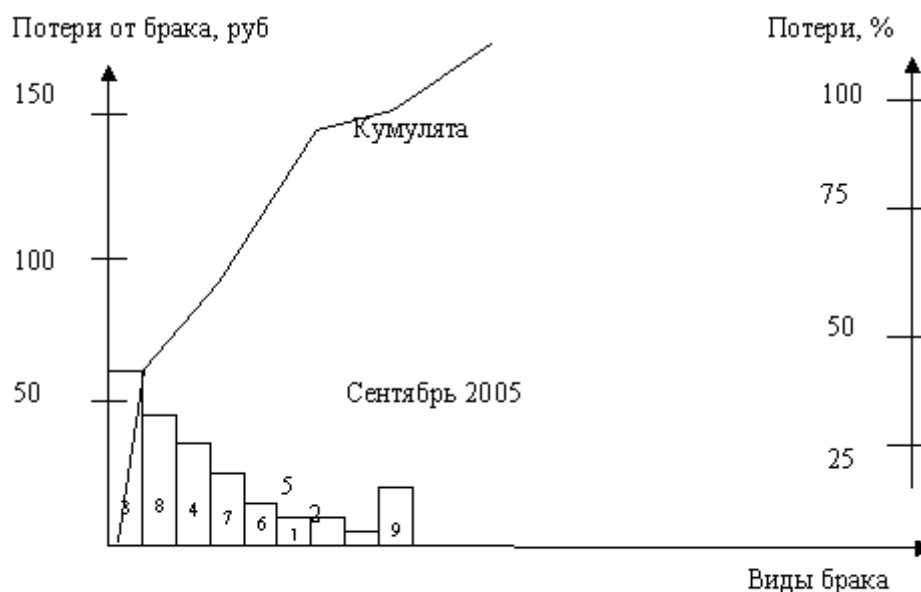


Рис. Диаграмма Парето для анализа брака кровельных листов

Метод Парето дает наглядное представление о видах брака, вызывающих наибольшие потери. На японских предприятиях диаграмма вывешивается на стендах в рабочих группах – бригадах, кружках качества для получения своевременной информации и принятия соответствующих мер.

Диаграмма Парето – это метод, основанный на статистических данных, позволяющий быстро осуществлять диагностику дефектов с целью дальнейшего устранения слабых мест в системе *управления качеством*.

Причинно-следственная диаграмма Ишикава – это *экспертный метод*, который впервые появился в Японии и применяется для выявления причин сбоя технологических процессов в том случае, если явные нарушения обнаружить сложно. С целью оценки состояния *системы управления качеством* группой экспертов определяются факторы влияния: *качество труда, качество*

документации, качество предметов труда. На следующем этапе для каждой составляющей определяются причины и строится причинно-следственная диаграмма, которая получила наименование «рыбьего скелета» (рис.). Для каждого фактора, представленного в диаграмме, экспертным путем определяется весовой показатель, отражающий сравнительную оценку, вклад того или иного фактора в обеспечение качества.

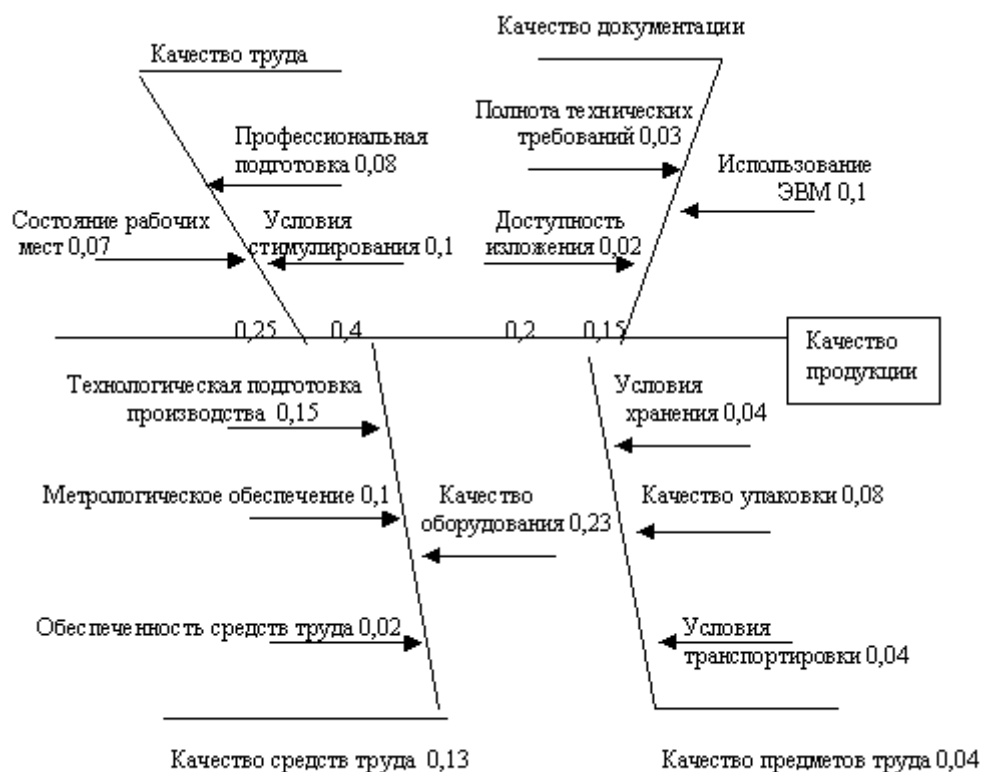


Рис. Пример диаграммы Ишикава (метод «рыбьего скелета»)

Используемые приемы диагностирования, выявления проблем, поиска оптимальных мер по усовершенствованию механизма функционирования систем управления требуют от руководителей знаний и навыков исследовательской работы. Менеджер в своей деятельности, в какой бы функциональной подсистеме он не работал, должен владеть определенным комплексом наработанных исследовательских методов, иметь способность к самостоятельной формулировке и выдвижению гипотез, разработке задач исследования и их воплощению в жизнь в условиях ограничения времени и средств.

Функционально-стоимостной анализ (ФСА)

История ФСА. Первоначальный момент развития Метода ФСА относится к концу сороковых годов двадцатого столетия и связано с именами двух ученых: Ю. М. Соболева и Л. Майлса. В конце сороковых начале пятидесятих годов конструктор Пермского телефонного завода Ю. М. Соболев исследовал изделия и продукцию своего завода, проанализировал десятки самых разнообразных конструкций своих изделий, в том числе изделий, выпускаемых другими заводами. Было обнаружено, что практически все изделия имеют некоторые недостатки, неочевидные на первый взгляд. Например: как неоправданный повышенный расход материалов и повышенные трудовые затраты, а так же неоправданное усложнение формы, необоснованное использование дорогих материалов и неоправданной прочности некоторых изделий. Ю. М. Соболев пришел к выводу о необходимости системного технико-экономического анализа и поэлементной обработки деталей машин. По его мнению, анализ каждой детали должен начинаться с выделения всех конструктивных элементов и их характеристик (материалов, размеров, и т. д.). Каждый из перечисленных элементов рассматривается как составляющая всего объекта в целом, и в то же время, как самостоятельная часть конструкции. В зависимости от своего функционального назначения относится к одной из двух групп основной или вспомогательной. Элементы основной группы должны удовлетворять предъявляемым к детали, изделию эксплуатационным требованиям. От них зависит качество и технические возможности изделия. Элементы вспомогательной группы служат для конструктивного оформления изделия. Подобная группировка функций относится в том числе и к затратам, которые необходимы для осуществления основных и вспомогательных функций. Анализ, который провел Соболев, был назван поэлементным технико-экономическим анализом конструкции (ПТЭАК). ПТЭАК показал, что затраты, особенно по вспомогательной группе, являются, как правило, завышенными, и что их можно сократить безо всякого ущерба для функционирования изделия. В дальнейшем при внедрении и разра-

ботке анализ получил официальное название поэлементный анализ конструкции.

За рубежом техно-стоимостной анализ появился в результате проведения исследования, под руководством инженера Майлса и был впервые использован в 1947 году на корпорации «Дженерал моторе». В 1947 году группой Майлса за 6 месяцев была разработана методика, которая получила название инженерно-стоимостной анализ и первоначально эта методика не нашла широкой поддержки т. к. многим он представлялся «азбукой» конструирования. В дальнейшем лишь только практическое использование этого метода и результаты, которые были получены при использовании его (за 17 лет использования этого метода компания «Дженерал моторе» сэкономила двести миллионов долларов) привело к широкому использованию этого метода в ряде стран: США, Японии, Англии, Франции и т. д.

В число объектов ФСА входит: конструкции изделий, технологические процессы, процессы управления, строительные объекты, банковские операции, т. е. практически все, что связано с осуществлением каких-либо затрат. В нашей стране ФСА развивается поэтапно, начиная с 1974 года, он широко используется в электротехнической промышленности. В начале восьмидесятых годов ФСА начали использовать широко в машиностроении, после чего метод стал широко внедряться при разработке и совершенствовании технологических процессов в управлении и т.д.

В 30–е годы прошлого столетия советский авиаконструктор итальянского происхождения Р.Л. Бартини разработал метод, базовыми понятиями которого были функциональная модель (идеальный конечный результат) и противоречие. Функциональный подход Бартини лег в основу функционально-стоимостного анализа. Понятие противоречия легло в основу алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ), главного инструмента теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), разработанной бакинским инженером Г.С. Альтшуллером.

В конце сороковых годов 20 века Юрий Михайлович Соболев, инженер-

конструктор Пермского телефонного завода применил системный анализ и поэлементную отработку изделий. Он рассматривал каждый конструктивный элемент как самостоятельную часть конструкции, формулировал его функциональное назначение и включал в группу основных или вспомогательных.

К конструктивным элементам Ю.М. Соболев относил: материал; размер; допуски; резьбу; отверстия; состояние поверхности;

Такой анализ помог выявить завышенные затраты на изготовление вспомогательных элементов и сократить их без ущерба для качества изделия. В 1948-1952г. Юрий Михайлович опубликовал ряд работ посвященных разработанному методу. На предприятиях ГДР на основе идей Соболева был создан поэлементно-экономический анализ (ПЭА).

Во время Второй Мировой войны американская компания "Дженерал электрик" вынуждена была искать замену дефицитным материалам, использовавшимся в производстве. После войны инженер компании Лоуренс Д. Майлс, сотрудник отдела снабжения, знавший о работах Соболева, проанализировал данные о работе изделий и убедился в том, что замена материала на более дешевый в ряде случаев приводила к улучшению качества.

На основе этого анализа в 1947 году был разработан функциональный – экономический подход.

В 1952 году Л. Майлс разработал метод, получивший название стоимостного анализа. Майлс называл свой метод прикладной философией.

Практика применения стоимостного анализа привлекла внимание специалистов, работавших на предприятиях – поставщиках, конкурентах и заказчиках компании "Дженерал электрик". Позже методом заинтересовались и государственные организации. Первой из них было управление по кораблестроению (Navy's Bureau of Ships). Здесь метод впервые был применен на стадии проектирования и стал называться стоимостным проектированием (value engineering (VE)).

В 1958-1960 г.г Японский инженер-консультант доктор Гэнъити Та-

гути создал ряд методов, позволяющих повышать качество продукции без повышения затрат (методы Тагути). Цель методов – повышение качества путем повышения точности. Любое отклонение от оптимального значения рассматривается как источник материальных потерь общества (как производителя, так и потребителя). Тагути доказал, что потери растут пропорционально квадрату отклонения от оптимального значения и ввел понятие "функции потерь качества" и отношение "сигнал/шум" для обозначения отношения номинального значения и отклонений.

В 1959 году было организовано Общество американских инженеров-специалистов по ФСА (Society of American Value Engineering – SAVE). Первым президентом общества с 1960 по 1962 год был Л.Майлс. Общество имело целью координацию работ по ФСА и обмен опытом между компаниями. С 1962 г. военное ведомство США потребовало от своих клиентов – фирм обязательного применения ФСА при создании заказываемой военной техники.

В начале 60-х годов ФСА начинают использовать в других капиталистических странах и прежде всего в Англии, ФРГ, и Японии.

В 1962 году профессор токийского университета Каору Исикава предложил концепцию кружков качества, в основу которых положил психологические эффекты- эффект социальной фасилитации и эффект Рингельмана.

С середины 60-х годов ФСА начинают применять предприятия социалистических стран. В большинстве этих стран проводятся общенациональные и международные конференции специалистов по ФСА, определены ведомства и организации, координирующие применение ФСА в масштабах государства. В ряде стран внедрение ФСА в практику хозяйственной деятельности регламентировано законодательными документами.

В 1965 году было основано Общество японских инженеров-специалистов по ФСА (Society of Japanese Value Engineering SJVE), которое активно занялось пропагандой этого метода, проводя ежегодные конференции с участием представителей крупнейших фирм и государственных организаций.

Систематические и целенаправленные работы по ФСА в СССР были начаты в 1973-1974 гг. в электротехнической промышленности (ВПЭ Союзэлектроаппарат", ПО "Электролуч" и др.)

В 1975 году международное общество SAVE учредило премию имени Л. Майлса "За создание и содействие в деле продвижения методов ФСА".

В 1977 году в Минэлектропроме было принято решение о создании подразделений ФСА во всех объединениях и организациях отрасли, а работы по ФСА становятся обязательной частью плана по новой технике.

В 1978-1980 г.г. на предприятиях электротехнической промышленности с помощью ФСА было сэкономлено: 14000 т проката черных и цветных металлов. 3000 т свинца 20 т серебра Высвобождено 1500 человек. Суммарный экономический эффект составил 16.000.000 рублей.

В 1982 г. в Японии учреждают премию имени Майлса, которую присуждают компаниям, которые добиваются больших успехов благодаря применению ФСА.

В Японии применяют ФСА в 90% случаев при проектировании новой продукции и в 50- 85% случаев при модернизации продукции.

В настоящее время наибольшее распространение получила методика FAST (Function Analysis System Techneque), основы которой были разработаны в 1964 году Ч.Байтуэем (корпорация Сперри Рэнд). В отличие от стоимостного анализа Майлса, FAST требует отыскания взаимной зависимости между функциями.

В России с начала 90-х годов резко снизилось количество публикаций по ФСА, прекратилась подготовка и переподготовка специалистов, ФСА перестали применять на производствах. Специалисты оказались не востребованными на родине, и часть из них работает за рубежом – в Израиле, Канаде, США, Финляндии, Корее.

Принципы и формы ФСА приведены в табл.

Таблица

Принципы функционально-стоимостного анализа

Объект	Принцип ФСА	Содержание принципа ФСА
Подразделение предприятия (отдел маркетинга)	Системный подход	Анализ подразделения как элемента системы более высокого порядка и как системы, состоящей из взаимосвязанных элементов
	Функциональный	Анализ подразделения как комплекса выполняемых функций
	Творческий подход	Активизация творческой работы по проблемам структуры и функций подразделения
Качество продукции	Функциональность	Рассмотрение продукции как комплекса выполняемых функций
	Системность	Изучение каждой функции продукции как самостоятельной системы
	Экономичность	Анализ затрат на функции продукции на всех стадиях жизненного цикла продукции
	Творчество	Активизация коллективной работы над повышением качества продукции

Достоинством ФСА является наличие достаточно простых расчетных и графических методов, позволяющих дать оценку выявленных причинно-следственных связей. Это еще раз подчеркивает, что ФСА-эффективный метод исследования технических, производственных, экономических систем эффективное средство ускорения внедрения новой продукции, повышения качества продукции, оптимизации соотношений между потребительной стоимостью объекта и затратами на его разработку.

Следует отметить, что ФСА необходимо рассматривать как внутрифирменный метод маркетинговых исследований и управления маркетингом на предприятии, и управления качеством продукции. Целесообразна тесная взаимосвязь между маркетинговыми службами и группами, которые проводят функционально-стоимостной анализ.

Формы ФСА приведены в табл.

Формы функционально-стоимостного анализа

Форма ФСА	Цель использования форм ФСА	Сфера использования форм ФСА
Корректирующая форма	Выявление излишних затрат определение диспропорции между значимостью функций для потребителя и затратами на их обеспечение; поиск резервов снижения себестоимости и повышения качества изделий	Сфера производства (для совершенствования освоенных и действующих объектов)
Творческая форма	Поиск оптимальных технических решений; установление предельных нормативов затрат по изготовлению разрабатываемых объектов	Сфера проектирования (при проектировании новой продукции на стадиях НИР и ОКР)
Инверсная форма	Поиск наиболее эффективных условий использования объектов	Сфера применения (при поиске новых сфер применения продукции, унификации продукции)

При проведении функционально-стоимостного анализа определяют функции элементов продукции и проводят оценку затрат на реализацию этих функций с целью снижения затрат. Иными словами, ФСА должен способствовать изготовлению или модернизации продукции высокого качества при одновременном накоплении функционально излишних затрат, благодаря решению следующих проблем:

- экономия материалов и затрат труда;
- снижение себестоимости продукции;
- целенаправленное обеспечение высокого качества продукции;
- улучшение потребительских свойств продукции;
- достижение оптимального соотношения «качество-цена»;
- поиск резервов снижения затрат на производство и эксплуатацию продукции;
- поиск резервов повышения качества продукции.

Организация работы по любой форме ФСА предусматривает

выполнение нескольких **этапов** (табл.):

Таблица

Этапы ФСА

Этап	Содержание этапа
1. Подготовительный	Создание организационных предпосылок для внедрения ФСА. Определение объекта анализа с соответствующим технико-экономическим обоснованием. Подбор и утверждение исследовательской группы ФСА. Определение целей, задач, глубины проработки техники проведения ФСА по объекту. Разработка и утверждение плана-графика проведения работ по ФСА. Оформление распоряжения по предприятию о проведении ФСА выбранного объекта.
2. Информационный	Сбор, обработка и анализ информации об объекте. Построение структурной модели объекта ФСА
3. Аналитический 4. Творческий	Определение состава объекта и выявление связей между элементами. Выявление и формулировка функций. Классификация функций. Построение функциональной модели объекта. Оценка уровня выполнения функций. Определение функциональной, проблемной и затратной зависимости объекта. Построение совмещенной (функционально-структурной) модели объекта. Формулировка задач совершенствования объекта. Поиск идей и вариантов решений по совершенствованию объекта. Обработка и систематизация результатов проведения творческих совещаний. Подготовка материалов для оценки полученных результатов.
5. Исследовательский	Оценка, обсуждение и отбор рациональных вариантов совместно со специалистами функциональных служб. Коммерческая оценка вариантов решений в соответствии с выбранными на данном этапе критериями. Оценка реальных предложений.
6. Рекомендательный	Рассмотрение предложений соответствующими службами предприятия. Проведение техникоэкономических расчетов. Принятие решения комитетом ФСА о приемлемости предложений. Составление плана-графика внедрения рекомендаций. Передача утвержденных рекомендаций соответствующим службам.
7. Этап внедрения	Утверждение руководством плана-графика внедрения. Разработка и составление соответствующей документации о внедрении. Внедрение полученных результатов. Оценка полученных результатов.

Итак, цель метода состоит в объединении понятий «резерв», «эффективность» и «качество», т. е. функционально-стоимостной анализ следует использовать как инструмент повышения эффективности промышленного производства и с позиции маркетинга. Все большее распространение в аналитической работе получают принципы функционально-стоимостного анализа качества продукции: функциональность, системность, экономичность, творчество, – содержание

которых было освещено. Принципы проведения ФСА качества продукции универсальны. Они способствуют поиску возможностей рационального распределения на мероприятия по улучшению качества продукции. При исследовании качества продукции используются следующие разновидности модели ФСА (табл.):

Таблица

Разновидности модели ФСА

Модели ФСА	Принцип построения модели ФСА
Компонентная	Систематизированный перечень материальных компонентов объекта с указанием элементов надсистемы
Потоковая	Графическое отображение характера связей между компонентами анализируемой системы в процессе их функционирования
Функциональная	Условное графическое отображение состава и взаимодействия функций объекта
Функционально-идеальная	Модель усовершенствования объекта, лишенного всех или части вредных функций и нежелательных эффектов, выявленных на предыдущих этапах ФСА (при сохранении или совершенствовании полезных функций)

Функционально-стоимостной анализ продукции может проводиться на любом предприятии, когда необходимо решить задачу разработки и постановки на производство новых изделий, повысить технико-экономический уровень продукции, модернизировать или модифицировать продукцию и т. д.

Итогом проведения ФСА должно быть снижение затрат на единицу полезного эффекта. Это достигается путем сокращения затрат (примерно на 20-30%) при повышении потребительских свойств продукции, при сохранении заданного уровня качества.

Широта использования ФСА качества продукции в рамках модели-комплекса «ФСА-маркетинг-качество» во многом зависит от понимания важности этого анализа руководителями предприятия. Несмотря на невозможность в результате применения ФСА объективно определить конкретные пути совершенствования продукции и найти эффективные

резервы снижения затрат на изготовление продукции, так как стоимость функций элементов продукции в условиях инфляции не может полностью адекватно отражать реальное состояние дел по их формированию, основные методические положения метода функционально-стоимостного анализа в условиях рынка не только не теряют своей значимости, но и по-прежнему свидетельствуют о целесообразности его применения.

Таким образом, успешное решение проблем развития рыночного механизма управления качеством возможно с привлечением метода функционально-стоимостного анализа резервов повышения качества продукции.

Достоинства метода ФСА:

- 1) более точное знание стоимости продукции дает возможность принимать верные стратегические решения по следующим вопросам: назначения цен на продукцию; оптимального сочетания продуктов; выбора между возможностями изготавливать самостоятельно или приобретать; вложения средств в научно-исследовательские работы, автоматизацию процессов, продвижение продукции и т.п.;
- 2) метод способствует: качественной реализации управленческих функций, таких как повышение эффективности дорогостоящих операций; выявлению и сокращению объемов операций, не повышающих ценность продукции.

Недостатки метода ФСА:

- 1) процессописания функций может оказаться излишне детализированным, а модель учета иногда слишком сложна и ее трудно адаптировать к реальным условиям;
- 2) этап сбора данных об источниках затрат по функциям (activity drivers) часто недооценивается;
- 3) для качественной реализации метода требуются специальные программные средства;
- 4) изменения, вносимые в модель не соответствуют скорости

организационных изменений;

- 5) реализация рассматривается как «прихоть» финансового менеджмента и недостаточно поддерживается оперативным руководством.

Основными проблемами внедрения ФСА могут стать следующие:

- 1) трудности психологического характера, связанные с высоким уровнем тревожности и низким уровнем мотивации менеджеров по отношению к внедрению прогрессивных методов управления затратами;
- 2) трудности информационного характера, связанные со слабой степенью развития методологического аппарата проведения ФСА, недостатком программного обеспечения и средств автоматизации процесса управления затратами.

Применение ФСА. Практические результаты. Проведение ФСА осуществляется в несколько этапов:

- 1) *информационный* – главной задачей этапа является сбор, изучение и обобщение разнообразных данных об исследуемом объекте;
- 2) *аналитический* этап предусматривает установление и формулирование функций, выполняемых исследуемым объектом, а также оценку затрат по каждой функции. При этом выделяются: главная, основные, вспомогательные, излишние функции. Строится структурная и функциональная модели объекта. Определяется уровень значимости каждой из функций путем экспертного оценивания. Проводится расчет затрат на выполнение функций. Расчет затрат для функционального подразделения осуществляется по формуле:

$$З_p = \frac{T_p * \Phi ЗП_g}{\Phi РВ_g}$$

где $З_p$ – затраты труда на осуществление функции в течение месяца; T_p – суммарные затраты труда на выполнение функции в течение месяца; $\Phi РВ_g$ – месячный фонд рабочего времени исполнителя функции; $\Phi ЗП_g$ – месячный фонд заработной платы исполнителя.

Информация о затратах является основой для построения совмещенных структурно-функциональных моделей;

- 3) *творческий*, цель этого этапа состоит в поиске идей, на основе которых можно было бы сформулировать варианты оптимизации затрат на реализацию отдельных функций. При этом в первую очередь уделяется внимание тем элементам исследуемого объекта, которые требуют наибольших трудовых, материальных и финансовых затрат;
- 4) *исследовательский* этап предусматривает оценку и предварительный выбор вариантов совершенствования исследуемого объекта. Из всего количества различных вариантов исключаются те, которые невозможно реализовать.
- 5) *рекомендательный*. На данном этапе принимается решение по внедрению рекомендаций, разработанных в процессе ФСА на основе отобранных вариантов.
- 6) этап внедрения:
 - согласование плана-графика внедрения рекомендаций ФСА с другими разделами плана повышения эффективности производства;
 - контроль выполнения плана-графика внедрения;
 - принятие мер по соблюдению плана-графика.

При использовании ФСА как инструмента оценки эффективности и управления системы взаимодействия с потребителями, следует отметить необходимость введения поправочного коэффициента. Эта необходимость обусловлена тем, что результатом проведения ФСА становится наглядная картина, отражающая перерасходы на выполнение той или иной функции. Однако возникает проблема оценки необходимого уровня снижения затраты для сохранения прежнего качества выполнения функции. В качестве такого коэффициента предлагается использовать соотношение между реальными затратами на выполнение функции и затратами на выполнение функции при идеальных условиях работы, которые определяются с помощью экспертного опроса. Таким образом, предыдущая формула приобретает следующий вид:

$$Зр = \frac{Tr^{идеал} * \Phi ЗПг}{\Phi РВг}$$

где $Tr^{идеал}$ – суммарные затраты труда на выполнение функции в течение месяца в идеальных условиях.

Сопоставление результатов полученных на основе приведенных формул позволяет оценить предел снижения затрат на выполнение данной функции при сохранении ее прежнего уровня значимости и качества выполнения.

Пример применения ФСА. Рассмотренные методы были успешно апробированы на Донецком производственном ремонтно-строительном совместном предприятии «Кредо», которое является официальным представителем объединения предприятий светотехники корпорации „ВАТРА" (г. Тернополь). Основным рынком сбыта является Донецкая, Луганская и Запорожская области. Была проведена оценка эффективности работы с потребителями на основании аналитического и метода анкетных опросов. Аналитическим методом проанализированы клиентские базы менеджеров по продаже, стиль работы с клиентами, расходы времени на нахождение новых клиентов, анализ маркетинговых коммуникаций предприятия. Анализ выявил следующие проблемы:

- 1) отсутствие сводной базы клиентов;
- 2) отсутствие распределения клиентской базы на категории;
- 3) недостаточное количество менеджеров по работе с клиентами;
- 4) проблемы, связанные с маркетинговыми коммуникациями.

На основании выявленных проблем были предложены мероприятия:

- увеличить количество менеджеров по работе с клиентами, поскольку существующее количество менеджеров не может справиться с растущим количеством заказов;
- для совершенствования учета, свести все рабочие клиентские базы менеджеров в одну единую базу и выделить в ней категории «крупные – средние» покупатели и «активные – неактивные». Это обусловлено формированием индивидуальных программ лояльности, при разработке которых нужно учитывать объем закупок и активность потребителя;

- повысить уровень использования маркетинговых коммуникаций. Усовершенствовать Web-сайт предприятия путем доработки до Internet-магазина и создание форума для обратной связи с клиентами.

Используя метод анкетных опросов, были составлены анкеты, которые заполнили сотрудники отдела продаж и маркетинга, а также руководство предприятия. Это дало возможность определить уровень процесса планирования и сбыта. Проведенный анализ позволяет утверждать, что предприятие не уделяет достаточно внимания развитию сбыта и маркетинговому планированию. Для совершенствования системы работы с потребителями на ДПРССП «Кредо» был предложен план маркетинговых коммуникаций на 2007 год, который содержит 10 разделов: цели, возможные проблемы, стратегии, описание целевой аудитории, формирования сообщения, выбор каналов коммуникации, временные графики, бюджет, разработку контроля за выполнением и описание необходимых ресурсов. Для выявления перерасходов при выполнении функций, был проведен функционально-стоимостной анализ службы сбыта и маркетинга на ДРССП «Кредо».

Функциями службы сбыта и маркетинга на ДРССП «Кредо» являются: F – осуществлять руководство отделом сбыта и маркетинга; F1 – осуществлять организацию поставок; F2 – осуществлять работу с заказами; F3 – организация работы маркетинга; F1.1 – планировать и корректировать поставки; F1.2 – контроль за осуществлением поставок; F1.3 – осуществление отгрузки продукции; F1.4 – оформление документов по отгрузке; F1.5 – осуществление доставки продукции клиенту; F2.1 – осуществлять поиск новых клиентов; F2.2 – обработка запросов; F2.3- оформление платежных документов; F2.4 – работа с жалобами; F3.1 – организация выставок; F3.2 – организация рекламной кампании; F3.3 – проведение выставок; F3.4 – осуществление рекламной кампании; F3.5 – контроль за реализацией рекламной кампании; F3.6 – контроль за проведение выставок; F3.7 – подготовка печатных материалов и сувениров; F3.8 – исследование рынка; F3.9 – осуществление маркетингового планирования. В результате проведения ФСА системы сбыта и маркетинга с использованием поправочного

коэффициента на ДРССП «Кредо», были получены следующие результаты:

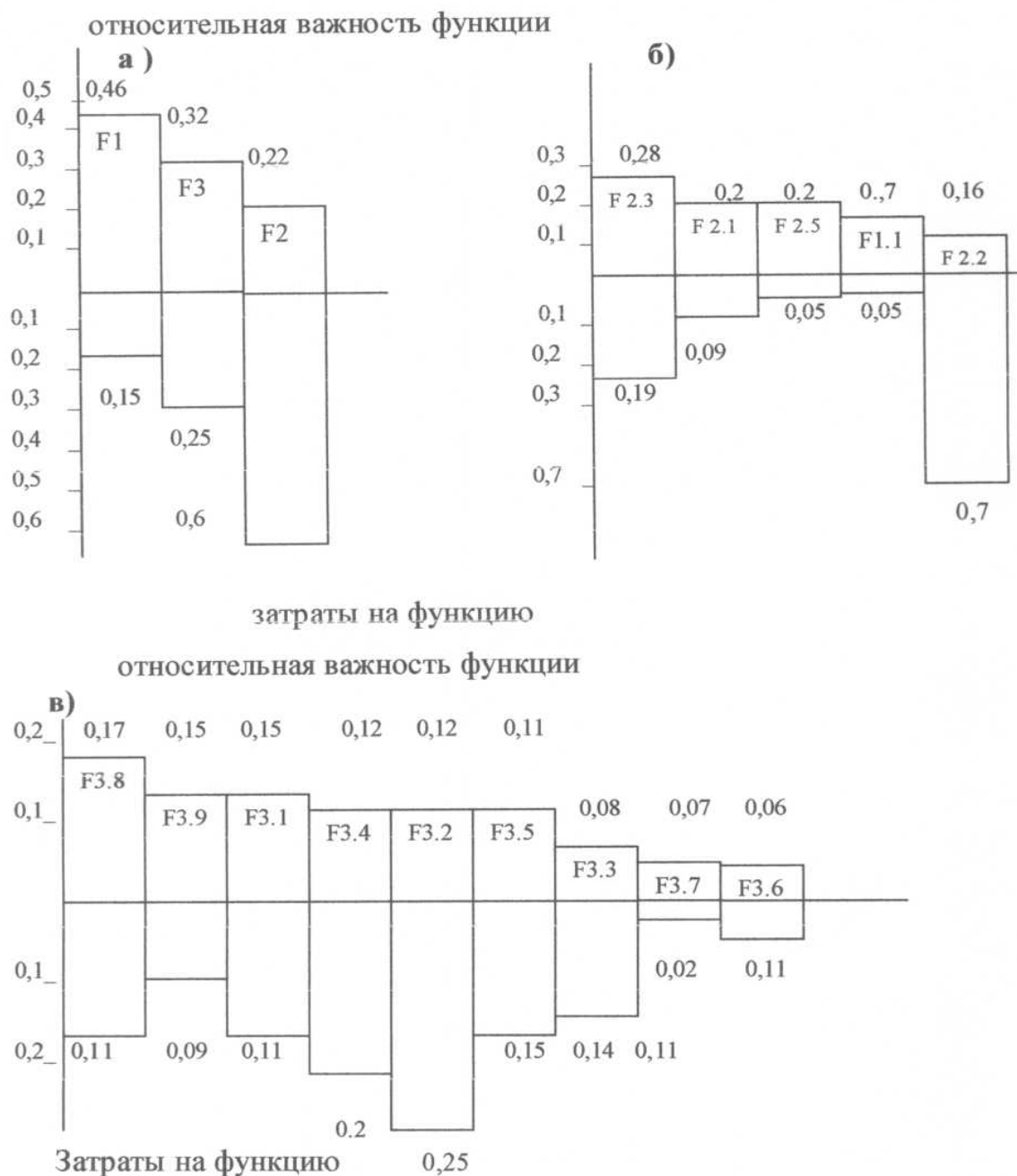


Рис. (а, б, в) – Диаграмма значимости функций системы сбыта и маркетинга и затрат на их осуществление

В результате проведения ФСА системы сбыта и маркетинга было рекомендовано снизить затраты на реализацию следующих функций: «Организация работы маркетинга» (F3) и «Организация рекламной кампании» (F3.2), путем повышения квалификации работников; «Обработка запросов» (F2.2), путем создания сводной клиентской базы, а также увеличить затраты на недооцененные функции «Организация поставок» (F1) и «Осуществление работы с заказами» (F2) на которых работа выполнялась недостаточно эффективно.

Экономический эффект от внедрения результатов проведенного

исследования составил 130 тыс. руб.. за год.

Особенности применения ФСА в разных странах (Япония, США).

Организация ФСА на японских предприятиях.

1960 г. – Первые лекции по ФСА.

1963 г. – Коллективная подготовка персонала.

1963 г. – Формирование группы сотрудничества ФСА в компании.

Начало деятельности ТЕР-Task force project (проект работы над заданием).

1968 г. – Создание Центра по развитию ФСА в Главном управлении.

Учреждение контроля над бюджетом ФСА.

1971 г. – Создание объединенной системы – распространение деятельности ТЕР.

1974 г. – Стратегия дублирования ФСА.

1976 г. – Стратегия экспансии ФСА.

1977 г. – Общая стратегия ФСА.

1979 г. – Стартовая стратегия ФСА.

1982 г. – Стратегия срочных приоритетов ФСА.

1987 г. – Преобразование ФСА (VA) в VEC.

Наряду с развитием деятельности по ФСА происходили изменения в объектах, к которым применялась эта методология, расширялась сфера действия ФСА. Параллельно наблюдались изменения в численности специалистов по ФСА в головном подразделении ФСА и фирме в целом. Только за 1987 г. (при численности – 200 специалистов) по ФСА фирмой "Hitachy" было достигнуто снижение стоимости продукции на 1.5%. С позиции японских специалистов, ФСА находится под влиянием двух специфических тенденций: расширения конкуренции за повышение эффективности (коэффициента полезного действия) и конкуренции за "культивацию новой эры" в технике. Первое направление связано с созданием безотходных продуктов и уменьшением стоимости, второе – с созданием принципиально новой продукции высокой потребительской стоимости и полезности.

В Японии движение за повышение качества имеет общенациональный характер.

1. При японском совете ученых и инженеров (ЯСУИ) создан национальный комитет по кружкам качества, который координирует работу региональных секций и занимается пропагандой передовых методов через ежемесячный журнал "Кружки качества"
2. Комитет имеет 9 региональных секций, каждую из которых возглавляет представитель одной из ведущих фирм региона.
3. На каждой фирме деятельностью кружков качества управляет совет руководителей, или штаб кружков который координирует работу цеховых кружков качества.
4. На некоторых фирмах действуют советы мастеров, обеспечивающие координацию работы цеховых кружков.
5. В вузах Японии читается курс по всеобщему контролю качества. Руководителей фирм обучают в рамках подготовки к конкурсу на премию Деминга и на специальных семинарах. Семинары, лекции, курсы постоянно проводятся для всех категорий рабочих и служащих фирм.

Причины успехов японской системы обеспечения качества:

- жесткая конкуренция между предприятиями;
- жесткая субординация в работе;
- почтительное отношение к руководству;
- демократичность системы управления производством;
- равноправие всех работников предприятия (общие столовые для руководителей, служащих и рабочих, коллективный отдых без различия социального положения);
- возможность остановки производственного процесса по инициативе рабочего (при обнаружении неполадок);
- сотрудники фирмы нанимаются на фирму пожизненно;
- технологические секреты известны широкому кругу работников предприятия;

- точное отражение качеств товара в названии и рекламе (правдивость).

Организация ФСА на крупных предприятиях США. Метод ФСА был разработан в США в 1947 году в компании “Дженерал электрик” группой инженеров во главе с J1. Майлсом и в настоящее время применяется во многих промышленно развитых странах. В зарубежной практике ФСА используется под названием “анализ стоимости” и “инженерно-стоимостной анализ”. Первый термин применяется когда речь идет об анализе существующих изделий, второй – при проектировании новых. Однако целевая ориентация обоих видов анализа одинакова: и тот, и другой предназначены для обеспечения эквивалентных характеристик изделий при меньших затратах. Все чаще для обозначения этого метода в зарубежной литературе применяется термин “руководство ценностью”, или “управление ценностью”. В американских промышленных компаниях проведением ФСА на всех стадиях занимаются обычно рабочие группы смешанного состава – временные или постоянные. Временные группы комплектуются из специалистов, владеющих методикой ФСА и представляющих основные службы предприятия. Их руководителями обычно назначают освобожденных от других обязанностей специалистов по ФСА. Постоянные группы комплектуются из специалистов по ФСА и сотрудников фирмы, прошедших соответствующую подготовку. Члены этих групп занимаются только проведением ФСА и освобождаются от всякой другой работы. На крупных предприятиях, кроме того, утверждается комитет по ФСА, который осуществляет общее руководство, координацию всех работ по проведению ФСА и внедрению соответствующих предложений. Комитет следит за тем, чтобы руководители средних звеньев управления уделяли должное внимание программам ФСА. Председателем комитета, как правило, является генеральный директор или один из его заместителей, а постоянными членами – главный конструктор, главный технолог, главный экономист, руководители отделов снабжения и сбыта. В США накоплен большой опыт подготовки кадров, в значительной мере используемый в Западной Европе и Японии. По мнению американских специалистов, инженер,

имеющий законченное образование и не менее трех лет производственного стажа, может после семи-восьми месяцев обучения стать профессиональным специалистом по ФСА. Согласно многочисленным отчетам частных фирм и правительственных организаций, на каждый доллар, вложенный в программы по обучению ФСА, можно ожидать от 7 до 20 долл. экономии за счет снижения себестоимости продукции.

В настоящее время большинство зарубежных компаний широко использует этот метод для решения различных проблем, но, главным образом, для поддержания своей конкурентоспособности. Этот метод используется в различных модификациях, таких как стоимостной анализ (value analysis), стоимостное проектирование, или стоимостной инжиниринг (value engineering) и управление стоимостью (value management).

Все формы в англоязычном варианте, как правило, начинаются с термина «стоимость». Специалисты, осуществляющие ФСА должны обладать высоким уровнем развития абстрактного мышления и творческого (научно-технического) воображения. Данные индивидуально-психологические характеристики способствуют увеличению разнообразия альтернатив при принятии управленческих решений. Группировка затрат по факторам производства позволяет выявить иерархическую структуру направлений снижения стоимости изделий. Направления целесообразно детализировать, ранжируя по степени значимости, определяемой методом экспертной оценки. Сопоставление функций с затратами на их осуществление позволяет выбирать пути удешевления продукции. Соотнесение удельного веса затрат на функцию в общих затратах и значимости соответствующей ему функции, позволяет вычислить коэффициент затрат по функциям.

Результатом проведенного ФСА являются альтернативные варианты решений, в которых учитывается соотношение совокупных затрат на изделия (являющихся суммой поэлементных затрат), с базовыми затратами.

Базой могут служить минимально возможные затраты на изделие. Экономическую эффективность ФСА, которая показывает, какую долю

составляет снижение затрат в их минимально возможной величине можно определить по формуле:

$$K_{\text{ФСА}} = \frac{З_p - З_m}{З_m}$$

где $K_{\text{ФСА}}$ – экономическая эффективность ФСА (коэффициент снижения текущих затрат); $З_p$ – реально сложившиеся совокупные затраты; $З_m$ – минимально возможные затраты, соответствующие спроектированному изделию.

Итогом проведения ФСА как инструмента управления качеством продукции должно стать снижение затрат на единицу полезного эффекта, которое достигается:

- сокращением затрат при одновременном повышении потребительских свойств изделия;
- уменьшением затрат при сохранении уровня качества; сокращением затрат при обоснованном снижении технических параметров до их функционально необходимого уровня.

2.4. Системный анализ и системный подход

Системный анализ и системный подход

Системный анализ (СА)

Понятие системного анализа

Системный анализ как дисциплина сформировался в результате возникновения необходимости исследовать и проектировать сложные системы, управлять ими в условиях неполноты информации, ограниченности ресурсов и дефицита времени. Системный анализ является дальнейшим развитием целого ряда дисциплин, таких как исследование операций, теория оптимального управления, теория принятия решений экспертный анализ, теория организации эксплуатации систем и т.д. Для успешного решения поставленных задач системный анализ использует всю совокупность формальных и неформальных процедур. Н.Н. Моисеев пишет, что системный анализ – это совокупность методов, основанных на использовании ЭВМ и ориентированных на исследование сложных систем – технических, экономических, экологических и т.д. Центральной проблемой системного анализа является проблема принятия решения. Применительно к задачам исследования, проектирования и управления сложными системами проблема принятия решения связана с выбором определенной альтернативы в условиях различного рода неопределенности. Учитывая данные обстоятельства системный анализ можно определить как дисциплину, занимающуюся проблемами принятия решений в условиях, когда выбор альтернативы требует анализа сложной информации различной физической природы.

В системном анализе исследования строятся на использовании категории

«система», под которой понимается единство взаимосвязанных и взаимовлияющих элементов, расположенных в определенной закономерности в пространстве и во времени, совместно действующих для достижения общей цели. *Анализ* (др.-греч. ἀνάλυσις – разложение, расчленение) – операция мысленного или реального расчленения целого (вещи, свойства, процесса или отношения между предметами) на составные части, выполняемая в процессе познания или предметно-практической деятельности человека.

Существуют различные точки зрения на содержание понятия «системный анализ» и область его применения. Изучение различных определений системного анализа позволяет выделить четыре его трактовки.

1. **Первая трактовка** рассматривает системный анализ как один из конкретных методов выбора лучшего решения возникшей проблемы (отождествляя его, например, с анализом по критерию «стоимость – эффективность»). Такая трактовка системного анализа характеризует попытки обобщить наиболее разумные приемы любого анализа (например, военного или экономического), определить общие закономерности его проведения. В первой трактовке системный анализ – это «анализ систем», где акцент делается на объекте изучения (**системе**), а не на системности рассмотрения. При этом под *системностью рассмотрения* понимается учет всех важнейших факторов и взаимосвязей, влияющих на решение проблемы, использование определенной логики поиска лучшего решения и т.д. В ряде работ, освещающих те или иные проблемы системного анализа, слово «анализ» употребляется с такими прилагательными, как количественный, экономический, ресурсный, а термин «системный анализ» применяется значительно реже.
2. Согласно **второй** трактовке системный анализ – это конкретный метод познания, противоположный синтезу.
3. **Третья** трактовка рассматривает системный анализ как любой анализ любых систем без каких-либо дополнительных ограничений на область его применения и используемые методы.

4. Согласно **четвертой** (наиболее распространенной) трактовке системный анализ – это конкретное теоретико-прикладное направление исследований, основанное на *системной методологии* и характеризующееся определенными принципами, методами и областью применения; он включает в свой состав как методы анализа, так и методы синтеза.

Таким образом, **системный анализ** – это совокупность определенных научных методов и практических приемов решения проблем, возникающих во всех сферах целенаправленной деятельности общества, на основе *системного подхода* и представления *объекта исследования* в виде *системы*.

История системного анализа

Системный анализ был разработан в США для военно-промышленного комплекса (ВПК) и считался наиболее ценным побочным достижением в области обороны и изучения космического пространства. В 60-е гг. прошлого века в обеих палатах конгресса США были внесены законопроекты «о мобилизации и использовании научно-технических сил страны для применения системного анализа и системотехники в целях наиболее полного использования людских ресурсов для решения национальных проблем». Позже системный анализ начал использоваться руководителями и инженерами в крупных предприятиях промышленности и в коммерческой области для поиска путей получения высокой прибыли и выявления возможных источников роста промышленной фирмы. В 70-80-х гг. прошлого века на роль высших управляющих крупнейших американских корпораций начали приглашать людей, обладающих квалификацией в области системных дисциплин и системного анализа.

Пример использования методов системного анализа в США – система программного планирования, известная под названием «планирование – программирование – разработка бюджета» (ППБ), или сокращенно «программное финансирование». Элементами системы ППБ являются:

- «планирование» – формулирование целей и установление способов их достижения на возможных театрах военных действий;
- «программирование» – определение видов военной техники, необходимой для осуществления военной доктрины, и сопоставление затрат с целями и задачами с учетом фактора времени, разработка детального перечня мероприятий по достижению поставленных целей;
- «разработка бюджета» – распределение наличных или ожидаемых ресурсов, необходимых для осуществления программ вооружений.

Помимо системы ППБ существует ряд других систем прогнозирования и планирования, в основе которых лежат методы системного анализа. Главной методической особенностью этих систем являлся принцип последовательного расчленения каждой проблемы на несколько задач более низкого уровня с целью построения «дерева целей».

Системы прогнозирования и планирования:

- позволяют определить сроки решения научных и технических проблем и взаимную полезность работ,
- способствуют повышению качества принимаемых решений за счет преодоления узковедомственного подхода к их принятию,
- способствуют отказу от интуитивных и волевых решений а также от работ, которые не могут быть выполнены в установленные сроки.

Методология системного анализа

Методология науки дает характеристику следующих компонентов научного исследования:

- 1) объекта;
- 2) предмета;
- 3) задачи исследования (или проблемы);
- 4) совокупности средств, необходимых для решения задачи данного типа;

а также формирует представление о последовательности движения исследова-

ния в процессе решения задач.

Объект системного анализа. Содержание *объекта исследования* – это его специфика и место среди других родственных ему научных направлений. Рассмотрим объект системного анализа в *теоретическом* и *прикладном* аспектах.

В прикладном аспекте системный анализ вырабатывает рекомендации по созданию принципиально новых или усовершенствованию существующих систем. *Объект СА в прикладном плане* – это различные конкретные проблемы, возникающие при создании и функционировании систем. Рекомендации по улучшению функционирования существующих систем касаются самых различных проблем, в частности ликвидации нежелательных ситуаций (например, ухудшение финансово-экономического положения предприятия), вызванных изменением как внешних по отношению к изучаемой системе факторов, так и внутренних.

В теоретическом аспекте объект системного анализа – это:

- 1) процесс подготовки и принятия решений;
- 2) общие закономерности проведения исследований, направленные на поиск наилучших решений на основе системного подхода (содержание отдельных этапов системного анализа, взаимосвязи, существующие между ними, и др.);
- 3) конкретные научные методы исследования, такие как определение целей и их ранжирование, дезагрегирование проблем (систем) на их составные элементы, определение взаимосвязей, существующих как между элементами системы, так и между системой и внешней средой и т. д.;
- 4) принципы интеграции различных методов и приемов исследования (как математических так и эвристических), разработанных как в рамках системного анализа, так и в рамках других научных дисциплин.

Следует отметить, что объект системного анализа является в то же время объектом целого ряда других научных дисциплин, как общетеоретических, так

и прикладных. Например, проблемами составления сбалансированного плана занимается планирование. Однако разработке такого плана в существенной мере будет способствовать использование принципов и методов, которые для решения любых проблем разрабатываются в рамках системного анализа.

Предмет системного анализа. Выделить предмет системного анализа, т.е. отнести системный анализ к определенной категории наук, не представляется возможным, поскольку решением указанных выше проблем занимается целый ряд наук и других научных направлений.

К **методологическим компонентам** системного анализа относятся также определенные *принципы*; логические *элементы*; определенная *этапность*; *методы* проведения. Наличие (без исключения) всех этих компонентов и делает анализ какой-либо проблемы системным.

Характеристики системного анализа

Системный анализ имеет следующие особенности:

- предназначен для решения слабо структурированных проблем, которые не могут быть поставлены и решены отдельными формальными методами математики, т.е. проблем с неопределенностью ситуации принятия решения, состав элементов и взаимосвязей которых установлен только частично, а также задач, возникающих в условиях неопределенности и содержащих неформализуемые элементы, неперебиваемые на язык математики;
- опирается на научное мировоззрение, в частности, на диалектическую логику;
- использует различные методы решения, которые могут быть разработаны как в рамках самого системного анализа так и в рамках других наук;
- для получения квалифицированного суждения по проблемам использует не только формальные аналитические методы, но и методы каче-

ственного анализа, т.е. методы, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов;

- объединяют разные методы, а также знания, суждения и интуицию специалистов различных областей с помощью единой методики; обязывает специалистов к определенной дисциплине мышления;
- основное внимание уделяет целям и целеобразованию.
- дает возможность объединить и основное внимание уделяет целям и целеобразованию.

Системный подход (СП)

Понятие системного подхода

Системный подход и системный анализ – два взаимосвязанных понятия. Системный подход не дает вариантов решения проблем, а описывает как правильно применять специальные методы анализа. *Подход* – это набор правил применения специальных методов анализа. *Системный подход (СП)* – это набор правил применения различных методов анализа, основанный на исследованиях причинных связей и закономерностей развития социально-экономических систем. *Системный анализ* реализует на практике идеи системного подхода. Т.е. системный анализ отвечает на вопрос «что делать», а системный подход – на вопрос «как делать».

Системный подход требует рассматривать проблему не изолированно, а в единстве связей с окружающей средой, постигать сущность каждой связи и отдельного элемента, проводить ассоциации между общими и частными целями. Системный подход – это подход к исследованию объекта (проблемы, явления, процесса) как к системе, в которой выделены элементы, внутренние и внешние связи, наиболее существенным образом влияющие на исследуемые результаты его функционирования, а цели каждого из элементов определены исходя из

общего предназначения объекта. Можно также сказать, что системный подход – это такое направление методологии научного познания и практической деятельности, в основе которого лежит исследование любого объекта как сложной системы.

Принципы системного подхода

Системный подход в исследовании управления можно представить в совокупности принципов, которым необходимо следовать и которые отражают как содержание, так и особенность системного подхода. *Основные принципы СП:*

- 1) *целостность*, позволяющая рассматривать одновременно систему как единое целое и в то же время как подсистему для вышестоящих уровней;
- 2) *иерархичность строения*, т.е. наличие множества (по крайней мере, двух) элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня – элементам высшего уровня. Реализация этого принципа хорошо видна на примере любой конкретной организации. Как известно, любая организация представляет собой взаимодействие двух подсистем: управляющей и управляемой, где одна подчиняется другой;
- 3) *структуризация*, позволяющая анализировать элементы системы и их взаимосвязи в рамках конкретной организационной структуры. Как правило, процесс функционирования системы обусловлен не столько свойствами ее отдельных элементов, сколько свойствами самой структуры;
- 4) *множественность*, позволяющая использовать множество кибернетических, экономических и математических моделей для описания отдельных элементов и системы в целом.

Системный подход подразумевает прохождение трех ступеней анализа:

- 1) определение целого (системы), частью которого является интересующий нас объект;

- 2) объяснение поведения или свойств этого целого (системы);
- 3) объяснение поведения или свойств интересующего нас предмета с точки зрения его функций в этом целом, частью которого он является.

При системном подходе синтез (объединение частей в целое) предшествует анализу (расчленение целого на части). При системном подходе, объясняемый предмет рассматривается как часть некоторого целого.

Рассмотрим более подробно основные и остальные принципы СП.

Принцип целостности. Он заключается в выделении объекта исследования целостным образованием, т.е. отграничении его от других явлений, от среды. Это можно сделать только посредством определения и оценки отличительных свойств явления и сравнения этих свойств со свойствами его элементов. При этом объект исследования не обязательно должен носить название системы. Например, система управления, система работы с персоналом и т. д. Это может быть механизм, процесс, решение, цель, проблема, ситуация и пр. Напомним, что системный подход – это установка на изучение, это комплекс принципов и методов исследования. Целостность – это не абсолютная характеристика, она может выражаться в определенной мере. Системный подход предполагает установление этой меры. Этим он отличается от подходов аспектного, многоаспектного, комплексного, репродукционистского, концептуального, в рамках которых целостность выступает не как реальное и объективное свойство, а следовательно, и характеристика объекта, а как некоторое условие его изучения. Здесь целостность имеет условный характер.

Принцип совместимости элементов целого. Целое только тогда может существовать в качестве целого, когда совместимы между собой составляющие его элементы. Именно их совместимость и определяет возможность и наличие связей, их существование или функционирование в рамках целого. Системный подход требует оценить с этих позиций все элементы целого. При этом совместимость следует понимать не просто как свойство элемента как

такового, а его свойство в соответствии с положением и функциональным статусом в этом целом, его отношение к системообразующим элементам.

Системообразующим элементом для социально-экономической системы является человек. Его отношения с другими людьми по самым различным поводам (техника, технология, информация, социальная принадлежность, психология, стоимость, деньги и т. д.) и характеризуют и связи в социально-экономической системе и ее целостность. Управление, так же как и производство, общество, фирма и т.д., т.е. некая общность людей, объединенных одной из их потребностей, является социально-экономической системой. В исследовании этой системы можно использовать как аспектный, так и системный подход.

Принцип функционально-структурного строения целого. Этот принцип заключается в том, что при исследовании систем управления необходимо анализировать и определять функциональное строение системы, т. е. видеть не только элементы и их связи, но и функциональное содержание каждого из элементов. В двух идентичных системах с одинаковым набором элементов и их одинаковым строением может быть различным содержание функционирования этих элементов и их связи по определенным функциям. Это часто и оказывает влияние на эффективность управления. Например, в системе управления могут быть неразвитыми функции социального регулирования, функции прогнозирования и планирования, функции связей с общественностью.

Особым фактором использования этого принципа является фактор развитости функций и степень их обособления, которая в определенной мере характеризует профессионализм ее реализации.

Исследование функционального содержания системы управления обязательно должно включать и определение дисфункций, которые характеризуют наличие таких функций, которые не соответствуют функциям целого и тем самым могут нарушить устойчивость системы управления, необходимую стабильность ее функционирования. Дисфункции – это как бы лишние

функции, иногда устаревшие, потерявшие свою актуальность, но в силу инерции еще существующие. Их необходимо выявлять при исследовании.

Принцип развития. Любая система управления, которая является объектом исследования, находится на определенном уровне и этапе развития. Все ее характеристики определяются особенностями уровня и этапа развития. И это нельзя не учитывать в проведении исследования. Как это можно учесть? Очевидно, посредством сравнительного анализа прошлого ее состояния, настоящего и возможного будущего. Конечно, здесь возникают трудности информационного характера, а именно: наличие, достаточность и ценность информации. Но эти трудности могут быть уменьшены при систематическом исследовании системы управления, позволяющем накапливать необходимую информацию, определять тенденции развития и экстраполировать их на будущее.

Принцип лабильности функций. Оценивая развитие системы управления, нельзя исключать возможность изменения ее общих функций, приобретения ею новых функций целостности, при относительной стабильности внутренних, т. е. их состава и структуры. Такое явление характеризует понятие лабильности функций системы управления. В реальной действительности нередко приходится наблюдать лабильность функций управления. Она имеет определенные пределы, но во многих случаях может отражать как положительные, так и отрицательные явления. Конечно, это должно быть в поле зрения исследователя.

Принцип полуфункциональности. В системе управления могут быть функции полифункционального назначения. Это функции, соединенные по определенному признаку, для получения какого-либо специального эффекта. Его можно иначе назвать принципом функциональной совместимости. Но совместимость функций определяется не только ее содержанием, как нередко принято считать, но и целями управления и совместимостью исполнителей. Ведь функция – это не просто вид деятельности, но и человек, который реализует эту функцию. Часто функции, казалось бы несовместимые по своему

содержанию, оказываются совместимыми в деятельности определенного специалиста. И наоборот. При исследовании полифункциональности нельзя забывать о человеческом факторе управления.

Принцип итеративности. Любое исследование является процессом, предполагающим определенную последовательность операций, использования методов, оценки результатов предварительных, промежуточных и конечных. Это характеризует итерационное строение процесса исследования. Его успех зависит от того, как мы выберем эти итерации, как будем их комбинировать.

Принцип вероятностных оценок. В исследовании не всегда существует возможность достаточно точно проследить и оценить все причинно-следственные связи, иначе говоря, представить объект исследования в детерминированном виде. Многие связи и отношения имеют объективно вероятностный характер, многие явления можно оценить лишь вероятно, если учитывать современный уровень, современные возможности изучения явлений социально-экономического и социальнопсихологического плана. Поэтому исследование управления должно быть ориентировано на вероятностные оценки. Это означает широкое использование методов статистического анализа, методик расчета вероятности, нормативных оценок, гибкого моделирования и пр.

Принцип вариантности. Этот принцип вытекает из принципа вероятности. Сочетание вероятностей дает различные варианты отражения и понимания действительности. Каждый из таких вариантов может и должен быть в фокусе внимания исследования. Любое исследование может быть ориентировано либо на получение единственного результата, либо на определение возможных вариантов отражения реального положения дел с последующим анализом этих вариантов. Вариантность исследования проявляется в разработке не единственной, а нескольких рабочих гипотез или разнообразных концепций на первом этапе исследования. Вариантность может проявляться и в выборе аспектов и методов исследования, различных способов, скажем моделирования явлений.

Приведенные принципы системности только тогда могут быть полезны и эффективны, могут отражать действительно системный подход, когда они сами будут учитываться и использоваться системно, т. е. во взаимозависимости и в связи друг с другом. Возможен такой парадокс: принципы системного подхода не дают системности в исследовании, потому что используются спорадически, без учета их связи, субординации, комплексности. Принципы системности надо использовать тоже системно.

Правила системного подхода

Правило 1. Не компоненты сами по себе составляют суть целого (системы), а наоборот, целое как первичное порождает при своем членении или формировании компоненты системы.

Правило 2. Сумма свойств (параметров) или отдельное свойство системы не равны сумме свойств ее компонентов, а из свойств системы нельзя вывести свойства ее компонентов (свойство *неаддитивности* системы).

Правило 3. Количество компонентов системы, определяющих ее размер, должно быть минимальным, но достаточным для реализации целей системы.

Правило 4. Для упрощения структуры системы следует сокращать количество уровней управления, число связей между компонентами системы и параметров модели управления, автоматизировать процессы производства и управления.

Правило 5. Структура системы должна быть гибкой, с наименьшим числом жестких связей, способной быстро перенастраиваться на выполнение новых задач, оказание новых услуг и т. п. Мобильность системы является одним из условий быстрого приспособления ее к требованиям рынка.

Правило 6. Структура системы должна быть такой, чтобы изменения в вертикальных связях компонентов системы оказывали минимальное влияние на функционирование системы. В социо-организационных структурах для этого следует обеспечивать: делегирование полномочий субъектам управления, оп-

тимальную самостоятельность и независимость объектов управления.

Правило 7. Горизонтальная обособленность системы, т. е. число горизонтальных связей между компонентами одного уровня системы должно быть минимальным, но достаточным для нормального функционирования системы. Уменьшение числа связей ведет к повышению устойчивости и оперативности функционирования системы. С другой стороны, установление горизонтальных связей позволяет реализовывать неформальные отношения, способствует передаче знаний и навыков, обеспечивает координацию действий компонентов одного уровня по выполнению целей системы.

Правило 8. Изучение иерархичности системы и процесс ее структуризации следует начинать с определения систем вышестоящего уровня (кому подчиняется или куда входит данная система) и установления ее связей с этими системами. При структуризации системы следует пользоваться методами анализа и синтеза. Сначала один человек (группа) строит структуру системы (анализирует, определяет внутрисистемную иерархичность), устраняет связи между компонентами и набор с названиями компонентов передает другому человеку (группе) для сборки системы (синтеза). Если результаты анализа и синтеза совпадут, т. е. после сборки системы не останется лишних компонентов, а система функционирует, то можно считать, что анализ и синтез выполнены правильно, структуризация системы проведена.

Правило 9. В силу сложности, не следует пытаться познать все ее свойства и параметры системы. Всему должен быть разумный предел, оптимальная граница.

Правило 10. При установлении взаимосвязей и взаимодействия системы с внешней средой следует строить «черный ящик» и формулировать сначала параметры «выхода», затем определять воздействие факторов макро- и микро-среды, требования к «входу», каналы обратной связи и в последнюю очередь проектировать параметры процесса в системе.

Правило 11. Число связей системы с внешней средой должно быть минимальным, но достаточным для нормального функционирования системы.

Чрезмерный рост числа связей усложняет управляемость системы, а их недостаточность снижает качество управления. При этом должна быть обеспечена необходимая самостоятельность компонентов системы – для обеспечения адаптивности система должна иметь возможность быстрого изменения своей структуры.

Правило 12. В условиях глобальной конкуренции и международной интеграции следует выполнять следующие условия:

- стремиться к росту степени открытости системы при условии обеспечения ее экономической, технической, информационной, правовой безопасности;
- обеспечивать совместимость с другими системами по правовому, информационному, научно-методическому и ресурсному обеспечению на основе местной и международной стандартизации.

В настоящее время введены в действие международные стандарты по системам мер и измерений, системам качества, сертификации, аудиту, финансовой отчетности и статистике и др.

Правило 14. Для определения стратегии функционирования и развития системы следует строить дерево целей.

Правило 15. При построении дерева целей и формулировании стратегии системы следует помнить, что цели системы и ее компонентов в смысловом и количественном значениях как правило не совпадают.

Правило 16. При обосновании инвестиций в проекты следует изучать доминантные (преобладающие, наиболее сильные) и рецессивные признаки системы и вкладывать средства в развитие первых, наиболее эффективных.

Правило 17. При формировании миссии и целей системы следует отдавать приоритет интересам системы более высокого уровня как гарантии решения глобальных проблем.

Правило 18. Из всех показателей качества систем приоритет следует отдавать надежности как совокупности проявляющихся свойств безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Правило 19. Эффективность системы достигается оптимизацией ее целей, структуры, системы менеджмента и других параметров. Поэтому стратегию функционирования и развития системы следует формировать на основе оптимизационных моделей.

Правило 20. При формулировании целей системы следует учитывать неопределенность информации. Вероятностный характер ситуаций и информации на стадии прогнозирования целей снижает реальную эффективность инноваций. Однако все компоненты должны выполнять конкретную задачу по достижению цели системы. Если без какого-либо компонента можно достичь цели системы, значит, этот компонент лишний, надуманный или это результат некачественной структуризации системы. Это проявление свойства *эмерджентности* системы.

Правило 22. При построении дерева целей системы и оптимизации ее функционирования следует изучать проявление свойства ее *мультипликативности*. Например, безотказность системы определяется не сложением, а умножением коэффициентов безотказности ее компонентов.

Правило 23. При построении структуры системы и организации ее функционирования следует учитывать, что все процессы непрерывны и взаимообусловлены. Система функционирует и развивается на основе противоречий, конкуренции, многообразия форм функционирования и развития, способности системы к обучению. Система существует, пока функционирует.

Правило 24. При формировании стратегии системы следует обеспечивать альтернативность путей ее функционирования и развития на основе прогнозирования различных ситуаций. Наиболее непредсказуемые фрагменты стратегии следует планировать по нескольким вариантам, учитывающим различные ситуации.

Правило 25. При организации функционирования системы следует учитывать, что ее эффективность не равна сумме эффективностей функционирования подсистем (компонентов). При взаимодействии компонентов возникает положительный (дополнительный) или отрицательный эффект синергии. Для по-

лучения положительного эффекта синергии необходимо иметь высокий уровень организованности системы.

Правило 26. Для снижения инерционности функционирования системы, т. е. увеличения скорости изменения выходных параметров при изменении входных параметров или параметров функционирования системы, ? следует ориентировать производство на интегрированные автоматизированные модули и системы, обеспечивающие мобильность производства и быстрое реагирование на изменения.

Правило 27. В условиях быстро меняющихся параметров внешней среды система должна быть способной оперативно адаптироваться к этим изменениям. Важнейшими инструментами повышения адаптивности функционирования системы являются стратегическая сегментация рынка и проектирование товаров и технологий на принципах стандартизации.

Правило 28. Для повышения эффективности функционирования системы следует анализировать и прогнозировать параметры ее организованности: показатели пропорциональности, параллельности, непрерывности, прямоточности, ритмичности и др., обеспечивать их оптимальный уровень.

Правило 29. Структура и содержание системы формируются на идеях и принципах стандартизации, без соблюдения которых она не может функционировать. Глобальная конкуренция повышает удельный вес стандартизованных систем и их компонентов, особенно в международном масштабе.

Правило 30. Единственным путем развития организационно-экономических и производственных систем является инновационный. Внедрение новшеств (в форме патентов, ноу-хау, результатов НИОКР и т.д.) в области новых товаров, технологий, методов организации производства, менеджмента и др. служит фактором развития общества.

Системный подход к управлению организацией – при восприятии организации как системы и понимании в ней своей роли – должен упростить согласование конкретной работы руководителя с работой организации в це-

лом. Это особенно важно для управленцев высшего звена, потому что системный подход стимулирует поддержание необходимого равновесия между потребностями отдельных подразделений и целями всей организации, побуждает анализировать потоки информации, проходящих через всю систему, акцентирует внимание на важности коммуникаций.

Для принятия адекватного решения ЛПР должен обладать системным мышлением, т.к. вынужден:

- воспринимать, перерабатывать и систематизировать огромный объём информации, которые необходимы для принятия управленческих решений;
- соотносить одно направления деятельности своей организации с другим, не допускать псевдо- оптимизации управленческих решений;
- «видеть за деревьями лес», за частным – общее, осознавать, какое место его организация занимает во внешней среде, как она взаимодействует с другой, большей системой, частью которой является;
- продуктивно реализовывать свои основные функции: прогнозирование, планирование, организацию, руководство, контроль.

Применение системного подхода может помочь ЛПР:

- развить новые представления об организации;
- комплексно оценить любую производственно-хозяйственную деятельность и деятельность системы управления на уровне конкретных характеристик;
- анализировать любую ситуацию в пределах отдельно взятой системы, выявить характер проблем входа, процесса и выхода;
- наилучшим образом организовать процесс принятия решений на всех уровнях в системе управления;
- установить причины принятия неэффективных решений;
- выбрать оптимальные средства и технические приемы для облегчения

принятия управленческих решений, улучшения планирования и контроля.

Применение системного анализа

Для исследования сложных систем применяются различные подходы к сочетанию процедур *анализа и синтеза*.

В общих чертах в рамках СА исследуются факторы внутренней среды организации, факторы внешней среды организации, а сама она рассматривается как открытая, динамично развивающаяся система.

Первая задача СА – формулировка целей системы и критериев их достижения, которые должны быть выражены в виде конкретных показателей. Имея конкретные, четко сформулированные цели, можно выявить и проанализировать факторы, способствующие либо препятствующие достижению этих целей.

Следующая задача системного анализа – *определение глобальной цели развития системы*.

Далее исследуются параметры «выхода» (товары или услуги). Затем определяют:

- параметры «входа», т.е. исследуется потребность в ресурсах (материальных, финансовых, трудовых и информационных);
- организационно-технический уровень системы;
- параметры внешней среды;
- параметры процессов.

Системный анализ является синтетической дисциплиной. В нем можно выделить три главных направления. Эти три направления соответствуют трем *этапам*, которые всегда присутствуют при исследовании сложных систем:

- 1) построение модели исследуемого объекта;
- 2) постановка задачи исследования;
- 3) решение поставленной математической задачи.

Рассмотрим данные этапы.

1. **Построение модели** (формализация изучаемой системы, процесса или явления) есть описание процесса на языке математики. При построении модели осуществляется математическое описание явлений и процессов, происходящих в системе. Поскольку знание всегда относительно, описание на любом языке отражает лишь некоторые стороны происходящих процессов и никогда не является абсолютно полным. С другой стороны, при построении модели необходимо уделять основное внимание тем сторонам изучаемого процесса, которые интересуют исследователя. Построение математической модели есть основа всего системного анализа, центральный этап исследования или проектирования любой системы. От качества модели зависит результат всего системного анализа.
2. **Постановка задачи исследования.** На данном этапе формулируется цель анализа. Цель анализа предполагается внешним фактором по отношению к системе. Таким образом, цель становится самостоятельным объектом исследования. Цель должна быть формализована. Анализируя требования к системе, то есть цели, которые предполагает достигнуть исследователь, и те неопределенности, которые при этом неизбежно присутствуют, исследователь должен сформулировать цель анализа на языке математики. Язык оптимизации оказывается здесь естественным и удобным, но вовсе не единственно возможным.
3. **Решение поставленной математической задачи.** Только этот третий этап анализа можно отнести собственно к этапу, использующему в полной степени математические методы. Хотя без знания математики и возможностей ее аппарата успешное выполнение двух первых этапов невозможно. Именно на завершающем этапе системного анализа могут потребоваться тонкие математические методы. Но следует иметь в виду, что задачи системного анализа могут иметь ряд особенностей, которые приводят к необходимости применения наряду с формальными процедурами эвристических подходов. Успешное решение задач системного анализа требует использования на каждом этапе исследования неформальных

рассуждений. Ввиду этого проверка качества решения, его соответствие исходной цели исследования превращается в важнейшую теоретическую проблему.

Сформулированные этапы проведения системного анализа являются основой решения любой задачи проведения системных исследований. Суть их состоит в том, что необходимо построить модель исследуемой системы, то есть дать формализованное описание исследуемого объекта, сформулировать критерий решения задачи СА, то есть поставить задачу исследования и далее решить поставленную задачу. Указанные три этапа являются укрупненной схемой решения задачи. В действительности задачи системного анализа являются намного более сложными.

При этом нужно отметить, что не существует универсальной методики проведения системного анализа, и руководящие принципы также не являются универсальными. Каждое исследование имеет свои особенности и требует от исполнителей интуиции, инициативы и воображения, чтобы, в частности, определить цели проекта и добиться успеха в их достижении. При этом, выбрав конкретный алгоритм выполнения работ по СА, необходимо следовать предписаниям именно этого алгоритма.

Ниже приведены **процедуры СА** при *принятии решения, исследовании системы управления, создании системы управления, проектировании информационной системы*.

СА при принятии решения

Основные процедуры системного анализа при принятии решения:

- 1) изучение структуры системы, анализ ее компонентов, выявление взаимосвязей между отдельными элементами;
- 2) сбор данных о функционировании системы, исследование информационных потоков, наблюдения и эксперименты над анализируемой системой;

- 3) построение моделей;
- 4) проверка адекватности моделей, анализ неопределенности и чувствительности;
- 5) исследование ресурсных возможностей;
- 6) определение целей системного анализа;
- 7) формирование критериев;
- 8) генерирование альтернатив;
- 9) реализация выбора и принятие решений; внедрение результатов анализа.

Ниже приведено описание перечисленных процедур.

1. Анализ структуры системы. Любая задача системного анализа начинается с построения модели исследуемой системы. Для решения задачи построения модели необходимо вначале произвести изучение структуры системы, выполнить анализ ее компонентов, выявить взаимосвязи между отдельными элементами. Структура отражает определенные взаимосвязи, взаиморасположение составных частей системы, ее устройство, строение. При описании системы недостаточно перечислить элементы, из которых она состоит. Требуется отобразить систему путем расчленения ее на подсистемы, компоненты и элементы и показать, каким путем обеспечивается в объекте выполнение поставленной цели. Для выполнения такой процедуры и вводят понятие структуры. Таким образом, структура отражает наиболее существенные взаимоотношения между элементами и их группами, которые мало меняются при изменениях в системе и обеспечивают существование системы и ее основных свойств. Структура характеризует организованность системы, устойчивую упорядоченность ее элементов и связей. Структура системы – это совокупность отношений, заданных на множестве подсистем и элементов, образующих некоторую систему. Для описания системы создается ее модель. Модель – это отражение структуры системы, ее элементов и взаимосвязей, направленное на отображение определенной группы свойств. Создание модели системы

позволяет предсказывать ее поведение в определенном диапазоне условий.

Формы представления структур. Структурные представления являются средством исследования систем. Одну и ту же систему можно представить различными структурами, необходимый выбор которых обусловлен содержанием исследований, проводимых на данном этапе. Принятый способ описания структур – *графическое изображение*. В таком графе элементы, компоненты, подсистемы и прочие объекты системы отображаются в виде вершин графа; связи между объектами представляют в виде дуг. Рассмотрим основные способы представления структур. *Сетевые структуры* представляют собой отображение взаимосвязи объектов между собой. Их применяют для представления организационных структур, для изображения структурных схем систем, для представления информационного обеспечения и т.д. С помощью сетевых структур отображаются пространственные связи между элементами, как правило, одного иерархического уровня. Различают следующие *виды сетевых структур*:

- *линейные структуры* со строго упорядоченным взаимоотношением элементов «один к одному». *Древовидная структура* представляет собой объединение многих линейных подструктур. *Кольцевая структура* (циклическая) имеет замкнутые контуры в соответствующих графах. С помощью циклических структур изображаются схемы циркуляции информации в системах. Обобщенная сетевая структура характеризуется многочисленными межэлементными связями;
- *иерархические структуры* представляют собой декомпозицию системы в пространстве и применяются, прежде всего, для описания подчиненности элементов в структурах управления. В данных структурах важно лишь выделение уровней соподчиненности, а между уровнями и между компонентами в пределах уровня, в принципе, могут быть любые взаимоотношения.

На данном этапе необходимо произвести изучение структуры системы, анализ ее компонентов, выявление взаимосвязей между отдельными элементами, то есть осуществить структурную декомпозицию системы. Основное содержание процедур, выполняемых на данном этапе, состоит в том, чтобы подготовить информацию к проведению работ по построению модели системы.

2. Сбор данных о функционировании системы. Исследование информационных потоков. Решение задачи преследует цель отразить статическое состояние системы. Однако при проведении системного анализа исследователя интересуют вопросы, касающиеся изучения свойств системы. Свойства системы реализуются в процессе ее функционирования, то есть в процессе динамического поведения системы. Чтобы построить модель системы, которая имела бы возможность отражать свойства и характеристики системы, реализующиеся в процессе ее функционирования во времени, необходимо помимо структуры системы знать ее параметры, поэтому следующим этапом работ при проведении системного анализа является сбор данных о функционировании системы и исследование информационных потоков.

Сбор данных о функционировании системы. Основное содержание данного этапа состоит в идентификации параметров системы с целью последующего включения их в модель. Этот этап связан с определением численных значений параметров системы в режиме ее функционирования. Параметры системы подразделяются на *внутренние* и *внешние*.

Внешние параметры системы – характеристики функционирования системы, служащие показателями качества ее работы как единого целого. В качестве примера внешних параметров можно привести параметры автоматизированной системы:

- общая производительность системы по обработке данных;
- объем передаваемой информации;
- достоверность выходной экспериментальной информации;

- точность получения результатов (для информации, заданной количественно);
- количественные характеристики надежности системы;
- объем используемой в системе аппаратуры (объем памяти, количество преобразователей формы информации, количество внешних устройств и т.д.);
- время задержки с момента поступления в систему исходных данных до момента выдачи окончательных результатов (во время решения определенной задачи);
- стоимость системы (с учетом разработки математического обеспечения);

Внутренние параметры системы – характеристики, показывающие особенности технических решений, принятых при организации системы в целом и отдельных технических средств, входящих в состав системы, а так же в совокупности влияющие на значение внешних параметров системы. Примерами внутренних параметров автоматизированных систем являются:

- вид и характеристики сигналов для представления информации в системе, в каналах связи – при обмене информацией между отдельными звеньями системы;
- способ кодирования информации;
- вид приоритетности при приеме и обработки информации от различных источников;
- способ организации программы-диспетчера;
- быстродействие отдельных элементов и т.д.

Разделение на внешние и внутренние параметры весьма условно. Обычно к внешним относят те параметры, на которые задаются ограничения, определяемые назначением системы или вызванные условиями ее функционирования.

Наблюдения с целью сбора данных могут проводиться в процессе функционирования системы либо же для сбора данных организуются специализированные экспериментальные исследования. В первом случае

говорят, что данные получены в результате пассивного эксперимента. Во втором случае имеет место активный эксперимент. Активный эксперимент проводится по специально составленному плану с использованием методов планирования эксперимента. Результаты исследования фиксируются с помощью измерений, то есть изображения результатов опыта в виде символов, номеров или чисел. Требуемая информация в виде оценок параметров получается путем преобразования результатов измерения или, как еще говорят, с помощью обработки экспериментальных данных.

Исследование информационных потоков. В случае, когда анализируют социотехнические системы (организованные, человеко-машинные, автоматизированные) помимо определения параметров системы, для построения модели важное значение приобретают вопросы исследования информационных потоков, циркулирующих в системе. Анализ информационных потоков позволяет выяснить схему работы объектов управления, обеспечивает информационное отображение объекта управления, взаимосвязь между его элементами, структуру и динамику информационных потоков. Изучаются формы документов и недокументированных сообщений. В процессе изучения информационных потоков анализируются следующие группы документов:

- официальные положения и инструкции, регламентирующие функции подразделений и определяющие сроки и процедуры обработки информации и принятия решений;
- входные документы, источники которых находятся вне системы;
- систематически обновляемые записи в виде картотек или книг, используемые в процессе работы;
- промежуточные документы, получаемые и используемые в процессе обработки данных;
- выходные документы.

Анализ информационных потоков осуществляется с помощью специально разработанных методов: графического, метода с исследованием

сетевой модели, графоаналитического и метода с использованием графов типа «дерево».

3. Построение моделей систем (подробно см. гл. 2.5). Моделью называется некий объект, который в определенных условиях может заменять оригинал, воспроизводя интересующие свойства и характеристики оригинала. Модели бывают материальные и абстрактные. Разновидностью абстрактных моделей являются математические модели. Построение математической модели системы есть процесс формализации определенных сторон существования, жизнедеятельности системы, ее поведения с точки зрения конкретной решаемой задачи. Различают статические (отражают конкретное состояние объекта) и динамические (описывают процесс изменения состояний системы) модели. Динамические модели находят более широкое применение, чем статические.

Модель всегда должна быть конкретной, нацеленной на решение поставленной задачи. Для оценки характеристик надежности системы необходимо строить модель надежную, для решения задач прогнозирования развития производственных процессов – производственную модель, для решения экономических задач – экономическую модель. Если перед системными аналитиками ставится задача исследования ряда аспектов, то целесообразнее создавать несколько моделей, которые должны быть взаимосвязаны по входным и выходным параметрам и характеристикам системы. Такая взаимосвязь достигается путем проведения итеративных расчетов на моделях, то есть осуществляется последовательный расчет моделей.

Выделяют *аналитические* и *имитационные* модели. В *аналитических* моделях поведение сложной системы записывается в виде некоторых функциональных соотношений или логических условий. Для построения математических моделей имеется мощный математический аппарат (функциональный анализ, исследование операций, теория вероятностей, математическая статистика, теория массового обслуживания и т.д.). Когда

явления сложной системы настолько сложны и многообразны, что аналитическая модель становится слишком грубым приближением к действительности, системный аналитик вынужден использовать имитационное моделирование. В имитационной модели поведение компонентов сложной системы описывается набором алгоритмов, которые затем реализуют ситуации, возникающие в реальной системе. Моделирующие алгоритмы позволяют по исходным данным, содержащим сведения о начальном состоянии сложной системы, и фактическим значениям параметров системы отобразить реальные явления в системе и получить сведения о возможном поведении сложной системы для данной конкретной ситуации. На основании этой информации аналитик может принять соответствующие решения. Отмечается, что предсказательные возможности имитационного моделирования значительно меньше, чем у аналитических моделей.

4. Проверка адекватности моделей, анализ неопределенности и чувствительности. После того как модель построена, необходимо удостовериться в ее качестве. С этой целью выполняют ряд операций, а именно, – проверку адекватности модели процессу, объекту или явлению, для которых она построена, проверку *непротиворечивости* модели, ее *неопределенности*, *чувствительности*, *реалистичности* и *работоспособности*.

Проверить *адекватность модели* – это значит установить, насколько хорошо модель описывает реальные процессы, происходящие в системе, насколько качественно она будет прогнозировать развитие данных процессов.

Целью проверки *непротиворечивости модели* является проверка предположения: дает ли модель не противоречащие логике результаты при вариации величин важнейших параметров, особенно в тех случаях, когда их значения близки к экстремальным. Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо проанализировать характер реакции модели на изменения соответствующих входных параметров.

Анализом чувствительности модели называют процедуру оценки влияния допусков входных параметров на ее выходные характеристики.

Проводят анализ следующим образом: задают отклонения входного параметра в правую и левую стороны от его среднего значения и фиксируют, как при этом изменяются выходные значения характеристик модели. В качестве величины отклонения обычно принимают среднее квадратическое отклонение. Такой анализ может привести к упрощению модели и исключению из нее незначимых факторов.

Установить реалистичность модели, значит ответить на вопрос: соответствует ли модель тем частным случаям, для которых уже имеются фактические данные.

Цель анализа *работоспособности модели* – выяснить, насколько модель практична и удобна в эксплуатации.

5. Исследование ресурсных возможностей. Для того чтобы модель начала давать результаты, чтобы она заработала, необходимы затраты ресурсов. Они позволяют обеспечить выполнение условий качества и своевременности. Основные виды ресурсов, используемых при реализации задач системного анализа: энергетические, материальные, временные и информационные. При построении и реализации моделей следует уделять внимание обеспечению процесса использования моделей всеми видами ресурсов. Даже самая качественная модель в смысле адекватности описания происходящих в системе процессов может на практике оказаться бесполезной, если она не обеспечена в надлежащем объеме всеми видами ресурсов, необходимых для ее успешного применения.

6. Определение целей системного анализа. Для традиционных наук начальный этап работы заключается в постановке формальной задачи, которую надо решать. В исследовании сложной системы это промежуточный результат, которому предшествует длительная работа по структурированию исходной проблемы. Начальный пункт определения целей в системном анализе связан с формулированием проблемы. Необходимость системного анализа возникает тогда, когда заказчик уже сформулировал свою проблему, то есть проблема не только существует, но и требует решения. Однако системный аналитик должен

отдавать себе отчет в том, что сформулированная заказчиком проблема представляет собой приблизительный рабочий вариант. Формулируя проблему для рассматриваемой системы, необходимо учитывать, как решение данной проблемы отразится на системах, с которыми связана данная система. Неизбежно планируемые изменения затронут и подсистемы, входящие в состав данной системы, и надсистему, содержащую данную систему. Таким образом, к любой реальной проблеме следует относиться не как к отдельно взятой, а как к объекту из числа взаимосвязанных проблем.

После того, как сформулирована проблема, которую требуется преодолеть в ходе выполнения системного анализа, переходят к определению цели. Определить цель анализа – это означает ответить на вопрос, что надо сделать для снятия проблемы. Сформулировать цель – значит указать направление, в котором следует двигаться, чтобы разрешить существующую проблему, показать пути, которые уведут от существующей проблемной ситуации. Среди множества целей желательно попытаться найти или сформировать глобальную цель. Если этого сделать не удастся, следует проранжировать цели в порядке их предпочтения для снятия проблемы в анализируемой системе.

7. Формирование критериев. *Критерий* – это способ сравнения альтернатив. Необходимо различать понятия критерий и критериальная функция. Критерием качества альтернативы может служить любой ее признак, значение которого можно зафиксировать в порядковой или более сильной шкале. Задача системного аналитика состоит в том, чтобы формализовать проблемную ситуацию, возникающую в ходе системного анализа. Этой цели как раз и служит этап формирования критериев. Сформированные критерии в некотором смысле должны заменять цели. От критериев требуется как можно большее сходство с целями, чтобы оптимизация по критериям соответствовала максимальному приближению к целям. Выполняя данный этап, необходимо сознавать, что критерии не могут полностью совпадать с целями. Одной из причин этого является то, что критерии и цели формулируются в разных

шкалах: цели в номинальных, критерии в более сильных, допускающих упорядочение. Критерий является отображением ценностей, воплощенных в целях, на параметры альтернатив, допускающих упорядочение. Определение значения критерия для данной альтернативы является косвенным измерением степени ее пригодности как средства достижения цели. Основные критерии, наиболее часто встречающиеся в анализе сложных технических систем:

- экономические критерии – прибыль, рентабельность, себестоимость;
- технико-экономические – производительность, надежность, долговечность;
- технологические – выход продукта, характеристики качества и пр.

8. Генерирование альтернатив. Следующим этапом системного анализа является создание множества возможных способов достижения сформулированной цели. Необходимо сгенерировать множество альтернатив, из которых затем будет осуществляться выбор наилучшего пути развития системы. Генерирование альтернатив, то есть идей о возможных способах достижения цели, является настоящим творческим процессом. Существует ряд рекомендаций о возможных подходах к выполнению рассматриваемой процедуры. Необходимо сгенерировать как можно большее число альтернатив. Имеются следующие способы генерации:

- поиск альтернатив в патентной и журнальной литературе;
- привлечение нескольких экспертов, имеющих разную подготовку и опыт;
- увеличение числа альтернатив за счет их комбинации, образования промежуточных вариантов между предложенными ранее;
- модификация имеющейся альтернативы, то есть формирование альтернатив, лишь частично отличающихся от известной;
- включение альтернатив, противоположных предложенным;
- интервьюирование заинтересованных лиц и более широкие анкетные опросы;
- генерирование альтернатив, рассчитанных на различные интервалы времени.

Методы, используемые в системном анализе, для проведения работы по формированию множества альтернатив:

- *методы коллективной генерации идей* (методы мозгового штурма или мозговой атаки);
- *разработка сценариев* (это логически обоснованные модели поведения проблемосодержащей системы в будущем, которые после принятия решения можно рассматривать как прогноз изменения состояний системы);
- *морфологические методы* (их основная идея состоит в систематическом переборе всех мыслимых вариантов решения проблемы или развития системы путем комбинирования выделенных элементов или их признаков);
- деловые игры (имитационное моделирование реальных ситуаций);
- методы экспертного анализа (эксперты излагают свое мнение по проблеме, предлагают пути развития системы, затем получается коллективный взгляд на решаемую проблему);
- метод «Дельфи» (прямые дебаты заменены тщательно разработанной программой последовательных индивидуальных опросов, проводимых в форме анкетирования. Ответы экспертов обобщаются и вместе с новой дополнительной информацией поступают в распоряжение экспертов, после чего они уточняют свои первоначальные ответы. Такая процедура повторяется несколько раз до получения приемлемой сходимости совокупности высказанных мнений.);
- методы типа дерева целей (использование иерархических структур, полученных путем деления общей цели на подцели и т.д.).

9. Реализация выбора и принятие решений. Внедрение результатов анализа. Целевое предназначение всего системного анализа состоит в том, чтобы в результате осуществить выбор. Выбор или принятие решения есть суть поставленной задачи системного анализа, конечный итог всей работы. Процедура принятия решения представляет собой действие над множеством

альтернатив, в результате которого получается подмножество выбранных альтернатив. Желательно, чтобы это была одна альтернатива. Сужение множества альтернатив возможно, если есть способ сравнения альтернатив между собой и определения наиболее предпочтительных. Для того чтобы иметь возможность сравнивать альтернативы, необходимо выработать критерий предпочтения. Основным предположением критериального подхода является следующее: каждую отдельно взятую альтернативу можно оценить конкретным числом – значением критерия. Критерии, на основе которых осуществляется выбор, имеют различные названия – критерий качества, целевая функция, функция предпочтений, функция полезности и т.д. Все они служат решению одной задачи – задачи выбора. Также используется экспертный метод принятия решений. И наконец, для решения задач выбора в сложных проблемных ситуациях создаются специальные человеко-машинные проблемно-ориентированные системы. Системы поддержки принятия решений ориентированы не на автоматизацию функций лица, принимающего решение, а на предоставление ему помощи в проведении данной работы.

Системный анализ является прикладной наукой, его конечная цель – изменение существующей ситуации в соответствии с поставленными целями. Окончательное суждение о правильности и полезности системного анализа можно сделать лишь на основании результатов его практического применения.

При внедрении результатов системного анализа необходимо иметь в виду следующее обстоятельство. Работа осуществляется на клиента, обладающего властью, достаточной для изменения системы теми способами, которые будут определены в результате системного анализа. В работе должны непосредственно участвовать все заинтересованные стороны. В результате внедрения системных исследований необходимо обеспечить улучшение работы организации заказчика с точки зрения хотя бы одной из заинтересованных сторон; при этом не допускаются ухудшения этой работы с точки зрения всех остальных участников проблемной ситуации.

Говоря о внедрении результатов системного анализа, важно отметить, что

в реальной жизни ситуация, когда сначала проводят исследования, а затем их результаты внедряют в практику, встречается крайне редко, лишь в тех случаях, когда речь идет о простых системах. В процессе проведения системного анализа изменяются состояние проблемной ситуации, цели системы, персональный и количественный состав участников, соотношения между заинтересованными сторонами. Кроме того реализация принятых решений влияет на все факторы функционирования системы. Проводимые исследования оказывают влияние на жизнедеятельность системы, и это видоизменяет проблемную ситуацию, ставит новую задачу исследований. Новая проблемная ситуация стимулирует дальнейшее проведение системного анализа и т.д. Таким образом, проблема постоянно решается в ходе активного исследования.

Системный анализ помогает ЛПР более строго подойти к оценке возможных вариантов действий и выбрать наилучший из них с учетом дополнительных, неформализуемых факторов. При этом поиск лучшего решения проблемы начинается с определения, сопоставления и упорядочивания целей деятельности системы, возможными путями решения возникшей проблемы и необходимыми для этого ресурсами. Одна из задач СА – проверка различных вариантов решений с точки зрения количественного и качественного сопоставления затраченных ресурсов с получаемым эффектом. Описание отношений между целями и средствами может быть отражено специальной схемой, носящей название «**дерево целей**», которая была предложена в 1957 году группой американских ученых, затем была с успехом использована в ряде крупных военных и промышленных программ в США, а в настоящее время является повседневным инструментом практически каждого современного руководителя. Фрагмент такой схемы приведен на рис.

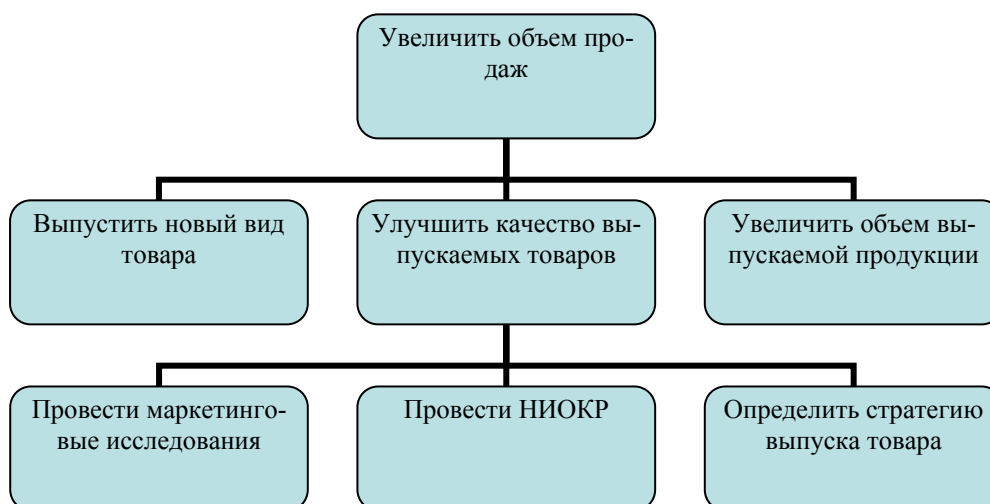


Рис. Фрагмент дерева целей

Для успешной подготовки решений важно то, что данный метод позволяет расчленять сложную, трудноразрешимую задачу на совокупность относительно простых, для решения которых существуют проверенные приемы и методы.

СА при исследовании системы управления

Для исследования сложных систем необходимо особое единство процедур синтеза и анализа. Существуют разные подходы к их сочетанию. Ниже приведен один из перечней процедур СА, который может быть эффективно применен к исследованию таких систем, как предприятие:

1. Определить границы исследуемой системы. Эти границы условны и диктуются конкретной задачей исследования. Например, границы системы «корпорация» в одном случае могут быть определены списочным составом постоянного персонала, в другой задаче – постоянным персоналом плюс всеми акционерами компании, в третьем случае эти пределы расширяются за счет всех временно привлекаемых специалистов, экспертов, консультантов и т.д. Затем можно расширить эти границы за счет всех поставщиков компании, ее потребителей и любых иных субъектов каким-либо образом с ней связанных.

2. Определить все надсистемы, в которые входит исследуемая система в качестве части. Поскольку каждая система принадлежит бесконечному числу надсистем, то исходя из условных требований конкретной задачи, необходимо ограничиться лишь кругом наиболее значимых надсистем. Так, если мы выясняем воздействие на предприятие экономической среды, то именно она и будет той надсистемой, в которой следует рассматривать его функции. Предприятие следует также изучать в составе политических, социальных, экологических, государственных, международных и других надсистем. Системный подход помогает понять, что действительно «узкие», например, экологические задачи являются упрощением и искажением реальности: попытка их решения неизбежно приводит к осознанию связанных с ними экономических, психологических и прочих проблем. Поэтому исходя из взаимосвязанности всех сфер жизни современного общества, любой объект, в частности, предприятие, следует изучать в качестве составной части многих систем – экономических, политических, государственных, региональных, социальных, экологических, международных. Каждая из этих надсистем, например, экономическая, в свою очередь, имеет немало компонентов, с которыми связано предприятие – поставщики, потребители, конкуренты, партнеры, банки и т. д. Эти же компоненты входят одновременно и в другие надсистемы – социокультурную, экологическую и т.п. А если еще учесть, что каждая из этих систем, а также каждый из их компонентов имеют свои специфические цели, противоречащие друг другу, то становится ясной необходимость сознательного изучения среды, окружающей предприятие. В противном случае, вся совокупность многочисленных влияний, оказываемых надсистемами на предприятие будет казаться хаотичной и непредсказуемой, исключая возможность разумного управления им.
3. Определить основные черты и направления развития всех надсистем, которым принадлежит данная система, в частности, сформулировать их цели и противоречия между ними.

4. Определить роль исследуемой системы в каждой надсистеме, рассматривая эту роль как средство достижения целей надсистемы. При этом следует рассмотреть два аспекта этой роли:

- a. идеализированную (ожидаемую) роль системы с точки зрения надсистемы, т.е. те функции, которые следовало бы выполнять, чтобы реализовать цели надсистемы;
- b. реальную роль системы в достижении целей надсистемы.

Примером подобного двустороннего подхода может быть, например, оценка потребностей покупателей в конкретном виде товаров, их количестве и качестве, а с другой стороны – оценка параметров реально выпускаемого товара.

5. Выявить состав системы, т.е. определить части, из которых она состоит.

Нередко исследовательская задача требует не только расчленения системы на составные части, но и расчленения компонентов, из которых состоят сами части. В принципе процесс такого членения, проникновения вглубь системы может быть бесконечным; он ограничен лишь потребностями конкретной задачи. Так, в зависимости от решаемой задачи, рассматривая состав такой системы как предприятие, можно ограничиться, например перечнем цехов и отделов, а можно, при необходимости расчленить их на бригады, участки, отдельных работников, элементы деятельности каждого из них и т.д. При этом глубина декомпозиции определяется потребностями конкретной задачи.

6. Определить структуру системы, представляющую собой совокупность связей между компонентами. Следует отметить многоструктурность любой системы. Например, на предприятии существует организационная структура, т.е. совокупность так называемых отношений субординации и координации, иначе говоря, отношений подчиненности и согласованности. На предприятии есть и информационная структура, выражающаяся в определенных формальных и неформальных потоках информации. Существуют также потоки материалов, сырья, деталей, готовых изделий, со-

ставляющих свои структуры. Особо следует подчеркнуть экономическую структуру на предприятии, представляющую собой совокупность отношений собственности. Большую роль играют и сугубо человеческие отношения – симпатии и антипатии между работниками, составляющие морально-психологическую структуру. Можно выделить и специфические отношения между различными группами работающих, часть из которых, носит политический характер, например, между членами профсоюзов, партий, общественных движений. Существует множество и других структур на предприятии.

7. Определить функции компонентов системы, т.е. целенаправленные действия компонентов, их вклад в реализацию роли системы в целом. Поскольку в реальности каждый компонент обладает не только полезными с точки зрения достижения цели, но также негативными свойствами, то необходимо при создании систем вычленять целесообразные среди множества иных действий. Принципиально важным является гармоническое, непротиворечивое сочетание функций разных компонентов. Именно непротиворечивость, согласованность функций отличает гармоническую систему от хаотического набора предметов и процессов. При этом сами функции должны быть качественно разными, что позволит им, дополняя друг друга обеспечивать реализацию достаточно широкого спектра действий, который и представляет собой роль системы в целом. Вместе с тем, в любой реальной системе функции компонентов согласованы не полностью, между ними есть противоречия, которые нередко снижают эффективность роли системы в целом. Поэтому познание функций компонентов должно осуществляться не по отдельности, а в единстве, во взаимодействии, в выявлении противоречий между ними, степени их согласованности. Эта проблема особенно актуальна для подразделений, цехов крупных предприятий, чьи функции часто во многом «несостыкованы», недостаточно подчинены общему замыслу.

8. Выявить причины, объединяющие отдельные части в систему, в целостность (интегрирующие факторы). Основным интегрирующим фактором при создании социо-организационных систем является человеческая деятельность. Первичным интегрирующим фактором является цель. Определение реальной цели, послужившей причиной создания той или иной системы, является непростой задачей, поскольку цель – всегда, в любой сфере деятельности – представляет собой сложное сочетание различных противоречивых интересов. Например, максимизация прибыли не является целью современного предприятия, это лишь один из интересов. Другой не менее важный интерес – стабильность получения прибыли. Третий существенный интерес – устойчивая репутация предприятия. И подобных интересов много, и лишь в их пересечении, в своеобразной комбинации заключается истинная цель. Всестороннее познание ее позволяет судить о степени устойчивости системы, о ее непротиворечивости, целостности, предвидеть характер ее дальнейшего развития.
9. Определить все возможные связи, коммуникации системы с внешней средой. Для действительно глубокого, всестороннего изучения системы недостаточно выявить ее связи со всеми надсистемами, которым она принадлежит, т.е. выполнить процедуры 2, 3, 4 данного перечня. Необходимо еще познать такие системы во внешней среде, которым принадлежат компоненты исследуемой системы. Так, следует определить все системы, которым принадлежат работники предприятия – профсоюзы, политические партии, семьи, системы социокультурных ценностей и этических норм, этнические группы и т.д. Необходимо также хорошо знать связи структурных подразделений и работников предприятия с системами интересов и целей потребителей, конкурентов, поставщиков, зарубежных партнеров и пр. Нужно также видеть связь между используемыми на предприятии технологиями и “пространством” научно-технического процесса и т.п. Осознание органического, хотя и противоречивого единства

всех систем, окружающих предприятие позволяет понимать причины его целостности, предотвращать процессы, ведущие к дезинтеграции.

10. Рассмотреть исследуемую систему в динамике (развитии). Это означает, сформулировать историю системы, источник ее возникновения, периоды становления, тенденции и перспективы развития, переходы к качественно новым состояниям. Необходимость динамического подхода к исследованию систем легко проиллюстрировать сравнением двух предприятий, у которых в какой-то момент времени совпали значения одного из параметров, например, объем продаж. Из этого совпадения совсем не вытекает, что предприятия занимают на рынке одинаковое положение: одно из них может набирать силу, двигаться к расцвету, а другое, наоборот, переживать спад. Поэтому судить о любой системе, в частности, о предприятии нельзя лишь по “моментальной фотографии”, по одному значению какого-либо параметра, необходимо исследовать изменения параметров, рассмотрев их в динамике. Для глубокого понимания любой системы нельзя ограничиваться рассмотрением коротких промежутков времени ее существования и развития. Целесообразно по возможности исследовать всю ее историю, выявить причины, побудившие создать эту систему, определить иные системы, из которых она выросла и строилась. Также важно изучать не только историю системы или динамику ее нынешнего состояния, но и попытаться, используя специальные приемы, увидеть развитие системы в будущем, т.е. прогнозировать ее будущие состояния, проблемы, возможности.

СА при создании системы управления

Системный анализ проводится на ранних стадиях работ по созданию конкретной системы управления и может состоять из следующих этапов:

- 1) сбор данных для анализа, включая опыт других предприятий;
- 2) выбор (или синтез) модели системы управления на основе анализа;

- 3) выявление специфики предприятия и его места на рынке, включающей следующие характеристики:
- класс сложности организации;
 - роль и место в отрасли;
 - состояние производственно-хозяйственной деятельности;
 - организационная структура;
 - особенности взаимодействия с внешней средой;
 - инновационные потребности (возможные связи данного предприятия с научно-исследовательскими организациями);
 - формы и методы стимулирования и оплаты труда сотрудников;
- 4) изучение способов адаптации выбранной (синтезированной) эталонной модели к условиям рассматриваемого предприятия;
- 5) обоснование экономической, технической и организационной целесообразности модели системы управления;
- 6) проведение проектных работ по реализации и внедрению выбранной модели системы управления.

СА при проектировании ИС

Системный анализ при проектировании информационных систем на стадии предпроектного обследования объекта автоматизации состоит из следующих этапов:

- 1) сбор сведений об объекте автоматизации (организации или ее части);
- 2) описание предметной области (организации или ее части);
- 3) моделирование предметной области.

Процедура первого этапа – *сбора сведений об объекте* описана в гл. 1.6, этапа *моделирования предметной области* – в гл. 2.5 и 2.6. Ниже приведена процедура второго этапа – ***описания предметной области***.

1. **Определение аспекта** рассмотрения системы – определение точки зрения, с которой рассматривается объект.

2. **Определение объекта.** В качестве системы может изучаться целое предприятие или его подсистема, например, отдельное подразделение. Здесь определяется основная деятельность, например выпуск определенных изделий и главная цель функционирования, например, получение прибыли, если объект функционирует за счет собственных средств.
3. **Выделение элементов.** Элементы должны быть выделены с точки зрения поставленной задачи на объекте. Элементами в системе могут являться подразделения и должности. Например:
- руководитель предприятия (он же является Главным директором) – главная функция которого принимать главные управленческие решения по различным вопросам: о найме и увольнении персонала, и заключать договоры с потенциальными клиентами;
 - главный бухгалтер предприятия. Основной функцией является ведение бухгалтерского учета на предприятии, распределение средств, выплата заработной платы;
 - бухгалтер (работники бухгалтерии) – осуществляют бумажную и учетную работу по ведению бухгалтерии;
 - заведующий хозяйственной частью предприятия – распределяет материальные ресурсы по цехам и отделениям;
 - литейщики – осуществляют выплавку и создание ТМЦ;
 - слесари – осуществляют мелкий ремонт и обслуживание производственного оборудования и другой техники;
 - работники отдела компьютерного обеспечения – обеспечивают работу офисной техники на предприятии;
 - охранники – обеспечивают безопасность на предприятии;
 - инженеры – ведут расчеты, связанные с улучшением старой продукции и введения новой.
4. **Определение подсистем.** Подсистемами могут являться отделы, работающие самостоятельно, но для достижения основной деятельности – выпуска продукции:

- руководство предприятием;
- отдел инженеров;
- отдел сбыта и продажи продукции;
- отдел маркетинга;
- бухгалтерия;
- финансовый отдел;
- отдел компьютерного обеспечения;
- хозяйственный отдел;
- отдел кадров;
- отдел курьерской доставки.

5. **Определение внешней среды.** Определяются субъекты внешней среды, оказывающие существенное влияние на предприятие, например, конкуренты, поставщики, потенциальные потребители и др.
6. Определение функциональной структуры предприятия.

Перечисленные выше процедуры системного анализа не в полной мере исчерпывают арсенал приемов исследования систем. Тем более что эти процедуры носят скорее формальный, нежели содержательный характер. Только при исследовании конкретной системы возникают специальные приемы, формируется особая методология, которая позволяет знания, полученные при исследовании данной системы, наилучшим образом использовать в дальнейшем познании. Иначе говоря, сама конкретная система в ходе ее исследования «помогает» сформулировать метод ее дальнейшего изучения.

Приведенные последовательности процедур системного анализа не являются обязательными и закономерными, скорее обязательными являются скорее их перечни. За исключением процедур, в реализации которых осуществляется синтез системы, остальные приходится выполнять исходя из логики, диктуемой содержанием конкретной системы. Единственное правило заключается в целесообразности многократного возвращения в ходе исследования к каждой из описанных процедур, что и является залогом глубокого и всестороннего изуче-

ния любой системы.

Нужно отметить, что на практике далеко не всегда используются многие приемы системного анализа. Некоторым исследователям, тем более специалистам-практикам, они представляются чересчур сложными и громоздкими. Возникает легко объяснимое стремление пользоваться простыми методами. Однако попытка исследовать сложные объекты простыми средствами, стремление объяснить многокомпонентные системы, многогранные взаимодействия упрощенными схемами ведет к дезориентации в нашей динамичной и противоречивой действительности, к односторонним подходам, которые, в частности, в современных рыночных обществах приводят к несомненному краху. Трудно считать случайным тот факт, что все авторы наиболее заметных западных и отечественных книг и учебников по современному менеджменту, такие как Р.Акофф, Д.Гвишиани, ГТДракер, М.Мескон, С.Янг демонстрируют поистине виртуозное владение инструментами системного анализа.

Изучение конкретной системы «оснащает» исследователя новыми, дополнительными приемами, которые позволяют осуществлять дальнейшее углубление в понимании объекта исследований. Применение системного анализа к изучению современного предприятия позволяет осуществить в какой-то степени проникновение в сущность его деятельности, сфокусировать внимание именно на тех внутренних и внешних факторах и сторонах работы фирмы, которые имеют особое значение. В динамичных условиях современного рынка на первый план среди прочих выдвигается понятие ситуации, поскольку оно отражает совокупность наиболее важных, актуальных факторов, влияющих на функционирование и развитие предприятия. Это понятие означает систему условий, совокупность целей и средств предприятия и окружающих его субъектов экономической и социальной жизни. Таким образом, системный подход, как способ познания любой системы, примененный к современному предприятию, приобретает специфику и в своем развитии становится ситуационным подходом. Специфика *ситуационного подхода* заключается в том, что он, развивая основные идеи системного подхода, вместе с тем заставляет выделить наиболее

важные актуальные факторы, влияющие на предприятие. Если, например, строго осуществлять системный подход, то необходимо определить все системы, в которые входит предприятие и его компоненты. Но таких систем бесконечно много. Поэтому осуществить системный анализ в полном объеме, естественно, невозможно. Приходится идти на какие-то упрощения. Таким упрощением, выделяющим наиболее значимые параметры, и является ситуационный подход.

2.5. Моделирование систем

Основные понятия теории моделирования

Моделирование – это замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели путем проведения эксперимента с моделью.

Моделирование – это также метод прогнозирования возможных состояний *объекта* в будущем и способов достижения заданных параметров с применением *моделей* (предметных, знаковых, математических, имитационных, аналитических и т.д.).

Объект (лат. *objectum* – предмет) – все то, на что направлена человеческая деятельность.

Технический объект – машина, механизм, технический комплекс, технологический процесс, а также любой их компонент, выделяемый в процессе моделирования путем деления структуры целостного объекта на отдельные блоки, части, элементы.

В общем случае **процесс моделирования** представлен следующим образом: используя априорные (ранее известные) данные об *объекте*, выдвигается *гипотеза*, по которой на основе *аналогии* строится наглядная упрощенная логическая схема (*модель*) и с ней проводится *эксперимент* для изучения свойств объекта.

Гипотеза – определенные предсказания, предположения, основанные на

небольшом количестве опытных данных, наблюдений, догадок. Быстрая и полная проверка выдвигаемых гипотез может быть проведена в ходе специально поставленного *эксперимента*. При формулировании и проверке правильности гипотез большое значение в качестве метода суждения имеет *аналогия*.

Аналогия – суждение о каком-либо частном сходстве двух объектов.

Эксперимент – процедура организации наблюдений каких-то явлений, которые осуществляют в условиях, близких к естественным, либо имитируют их. Различают *пассивный* эксперимент, когда исследователь наблюдает протекающий процесс, и *активный*, когда наблюдатель вмешивается и организует протекание процесса.

Модель. В результате деятельности математиков, логиков и философов была создана *теория моделей*, согласно которой **модель** (от лат. *modulus* – мера) – это результат отображения одной абстрактной материальной структуры на другую, также абстрактную, либо результат интерпретации первой структуры в терминах и образах второй. Таким образом, *модель* – некий объект-заместитель, который в определенных условиях может заменять объект-оригинал, воспроизводя интересующие нас свойства и характеристики оригинала, причем имеет существенные преимущества удобства и обеспечивает возможность изучения некоторых свойств оригинала. *Модель* можно также определить как способ существования знаний.

Модель считается *адекватной*, если с приемлемой точностью выходные параметры модели (свойства, характеристики) совпадают с истинными их значениями объекта. Адекватность зависит от *цели* моделирования и принятых *критериев*.

Модели могут быть качественно различными, они образуют иерархию, в которой модель более высокого уровня (например, *теория*) содержит модели нижних уровней (например, *гипотезы*) как свои части, элементы.

Моделирование лежит в основе любой целесообразной деятельности, и сама по себе цель уже есть модель желаемого состояния. Алгоритм деятельности – это модель этой деятельности, которую предстоит реализовать.

Подходы к моделированию систем

Существует два подхода моделирования системы: *классический* и *системный* (рис.).

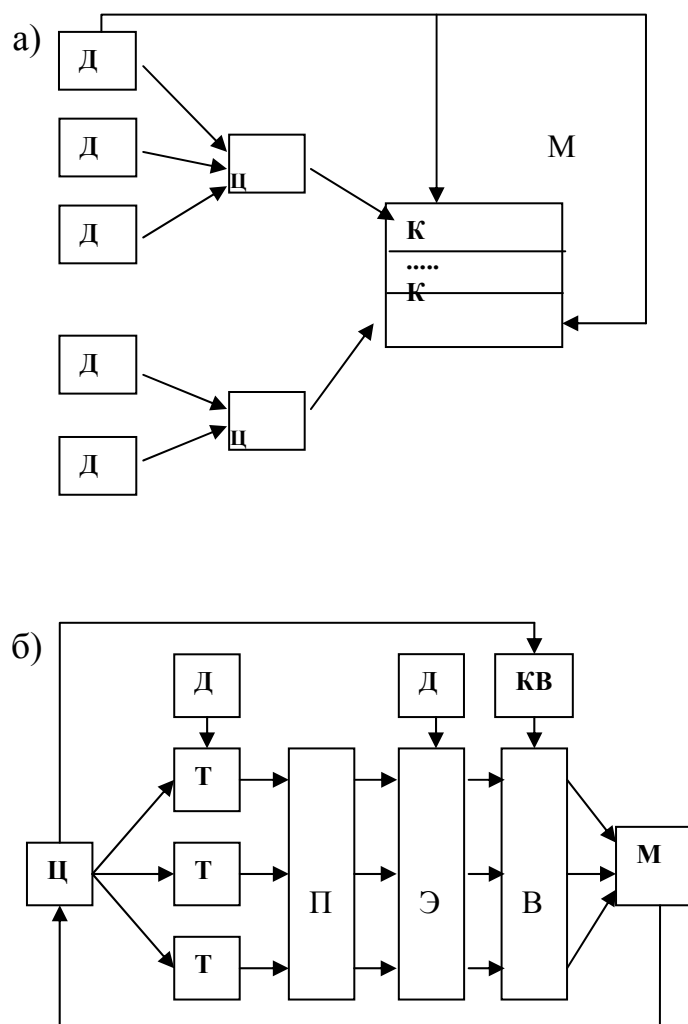


Рис. Процесс синтеза модели на основе
а) – классического и б) – системного подходов

Классический подход – синтез системы осуществляется путем суммирования отдельных компонент в единую модель, причем каждая из компонент разработана раздельно, решает свои собственные задачи и изолирована от других частей модели. Процесс моделирования осуществляется от частного к общему.

Процесс синтеза модели M на основе классического (индуктивного) подхода представлен на рис., *а*. Реальный объект, подлежащий моделированию, разбивается на отдельные подсистемы, т.е. выбираются исходные данные D для моделирования и ставятся цели C , отображающие отдельные стороны процесса моделирования.

По отдельной совокупности исходных данных D ставится цель моделирования отдельной стороны функционирования системы, на базе этой цели формируется некоторая компонента K будущей модели. Совокупность компонент объединяется в модель M .

Классический подход может быть использован для реализации сравнительно простых моделей, в которых возможно разделение и взаимно независимое рассмотрение отдельных сторон функционирования реального объекта.

Системный подход – в основе синтеза лежит рассмотрение системы (объекта) как интегрированного целого, причем это рассмотрение при разработке начинается с главного – формулировки цели функционирования. Процесс синтеза модели M на базе системного подхода условно представлен на рис., *б*.

На основе исходных данных D , которые известны из анализа внешней системы, тех ограничений, которые накладываются на систему сверху, либо исходя из возможностей ее реализации, и на основе цели функционирования формулируются исходные требования T к модели системы S . На базе этих требований формируются определенные подсистемы P , элементы \mathcal{E} и осуществляется наиболее сложный этап синтеза – выбор B составляющих системы, для чего используются специальные критерии выбора KB . Процесс моделирования осуществляется от общего к частному.

При системном подходе к моделированию систем структура системы может изучаться:

- *извне* с точки зрения состава отдельных подсистем и отношений между ними (*структурный подход*);
- *изнутри*, когда анализируются отдельные свойства, позволяющие системе достигать заданную цель, т.е. когда изучаются функции системы

(функциональный подход).

При *структурном подходе* выявляются состав выделенных элементов системы S и связи между ними. Структура системы в зависимости от цели исследования может быть описана на разных уровнях рассмотрения. Наиболее общее описание структуры – это топологическое описание с помощью теории графов.

Более детальным является функциональное описание, когда рассматриваются отдельные функции, т.е. алгоритмы поведения системы, и реализуется *функциональный подход*, оценивающий функции, которые выполняет система, причем под функцией понимается свойство, приводящее к достижению цели. Свойства могут быть выражены в виде либо некоторых характеристик элементов S_{ij} и подсистем S_i системы, либо системы S в целом.

Функционирование системы – проявление функций системы во времени $S(t)$ означает переход системы из одного состояния в другое, т.е. движение в пространстве состояний Z .

Независимо от типа используемой модели M при ее построении необходимо руководствоваться следующими *принципами системного подхода*:
1) *иерархичности*; 2) *локальной оптимизации*;
3) *декомпозиции*; 4) целостностью отдельных обособленных стадий построения модели.

Модель M должна отвечать заданной *цели* ее создания, поэтому отдельные части должны компоноваться взаимно, исходя из единой системной задачи. *Цель* может быть сформулирована *качественно*, тогда она будет обладать большей содержательностью и длительное время может отображать объективные возможности данной системы моделирования. При *количественной формулировке цели* возникает *целевая функция*, которая точно отображает наиболее существенные факторы, влияющие на достижение цели.

Парадигмы моделирования

Парадигма в методологии науки – совокупность ценностей, методов, подходов, технических навыков и средств, принятых в научном сообществе в рамках устоявшейся научной традиции в определенный период времени.

Гуманитарно-вербальная парадигма моделирования включает принятые в гуманитарных науках описания на естественном языке.

Естественно-научная парадигма использует математический аппарат непрерывного или дискретного описания объекта. Уровень этого аппарата может быть совершенно разным: от общепринятых инженерных формул до самых современных разделов математики.

Техническая парадигма опирается на специальные метаязыки структурного описания (алгоритмического, функционального, процессного и т.п.).

Типология моделей

По степени полноты модели можно разделить на *полные, неполные и приближенные*.

В основе *полного моделирования* лежит полное подобие, которое проявляется как во времени, так и в пространстве.

Для *неполного моделирования* характерно неполное подобие модели изучаемому объекту.

В основе *приближенного моделирования* лежит приближенное подобие, при котором некоторые стороны функционирования реального объекта не моделируются совсем.

Другая классификация видов моделирования систем приведена на рис.

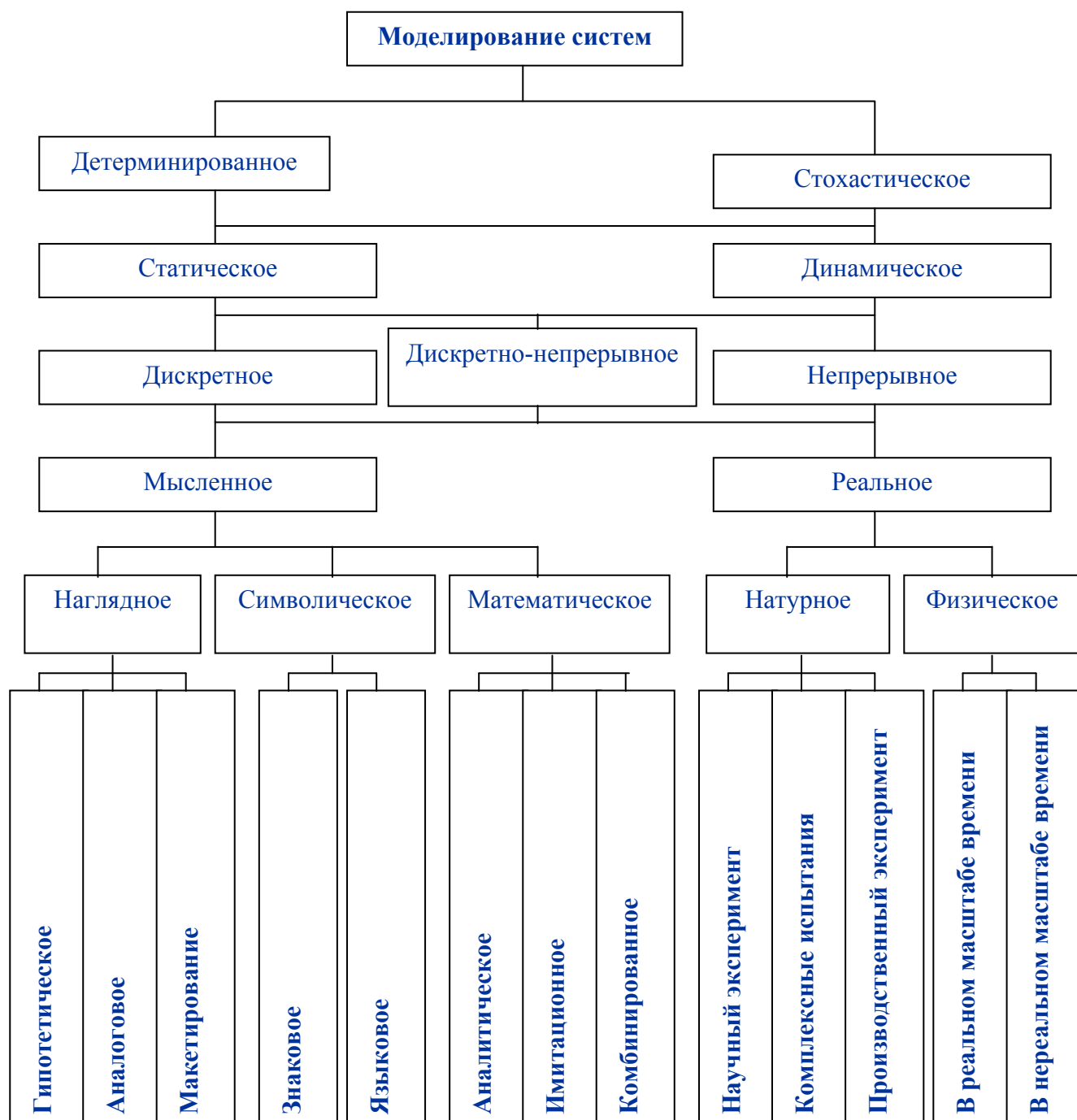


Рис. Классификация видов моделирования систем

В зависимости от характера изучаемых процессов в системе все виды моделирования могут быть разделены на *детерминированные* и *стохастические*, *статические* и *динамические*, а также на *дискретные*, *непрерывные*, и *дискретно-непрерывные*.

детерминированное моделирование отображает детерминированные процессы, т.е. процессы, в которых предполагается отсутствие всяких случайных воздействий.

- *стохастическое* моделирование отображает вероятностные процессы и события. В этом случае анализируется ряд реализаций случайного процесса и оцениваются средние характеристики, т.е. набор однородных реализаций.
- *статическое* моделирование служит для описания поведения объекта в какой-либо момент времени, а *динамическое* моделирование отражает поведение объекта во времени.
- *дискретное* моделирование служит для описания процессов, которые предполагаются дискретными, соответственно *непрерывное* моделирование позволяет отразить непрерывные процессы в системах, *дискретно-непрерывное* моделирование используется для случаев, когда хотят выделить наличие как дискретных, так и непрерывных процессов.

В зависимости от формы представления объекта (системы) можно выделить: 1) *мысленное* и 2) *реальное* моделирование.

Мысленное моделирование

Мысленное моделирование часто является единственным способом моделирования объектов, которые либо практически нереализуемы в заданном интервале времени, либо существуют вне условий, возможных для их физического создания. Например, на базе мысленного моделирования могут быть проанализированы многие ситуации микромира, которые не поддаются физическому эксперименту. Мысленное моделирование может быть реализовано с помощью *наглядного, символического и математического* моделирования.

При **наглядном моделировании** на базе представлений человека о реальных объектах создаются различные наглядные модели, отображающие явле-

ния и процессы, протекающие в объекте.

- В основу *гипотетического* моделирования исследователем закладывается некоторая гипотеза о закономерностях протекания процесса в реальном объекте, которая отражает уровень знаний исследователя об объекте и базируется на причинно-следственных связях между входом и выходом изучаемого объекта. Гипотетическое моделирование используется, когда знаний об объекте недостаточно для построения формальных моделей.
- *Аналоговое* моделирование основывается на применении аналогий различных уровней. Наивысшим уровнем является полная аналогия, имеющая место только для достаточно простых объектов. С усложнением объекта используют аналогии последующих уровней, когда аналоговая модель отображает несколько либо только одну сторону функционирования объекта.
- Мысленный макет или *макетирование* может применяться в случаях, когда протекающие в реальном объекте процессы не поддаются физическому моделированию, либо может предшествовать проведению других видов моделирования. В основе построения мысленных макетов также лежат аналогии, однако обычно базирующиеся на причинно-следственных связях между явлениями и процессами на объекте.

Символическое моделирование представляет собой искусственный процесс создания логического объекта, который замещает реальный и выражает основные свойства его отношений с помощью определенной системы знаков, отображающих набор понятий, (*знаковое моделирование*) и символов из тезауруса – словаря, очищенного от неоднозначности (*языковое моделирование*).

Математическое моделирование. Для исследования характеристик процесса функционирования любой системы S математическими методами, включая и машинные, должна быть проведена формализация этого процесса, т.е. построена математическая модель.

Математическое моделирование – процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторой математической модели и исследование этой модели для получения характеристик объекта.

Любая математическая модель, как и всякая другая, описывает реальный объект лишь с некоторой степенью приближения к действительности.

Математическое моделирование как количественный инструментальный исследования и менеджера в области инновационной деятельности по сути своей принадлежит не только математике, оно имеет самостоятельное значение и свою историю. Примечательно, что один и тот же математический аппарат встречается в описании разных объектов в разных научных дисциплинах. Тем самым математическое моделирование является междисциплинарной категорией. Математические методы, зарекомендовавшие себя в первую очередь в физике и других естественнонаучных дисциплинах, впоследствии с развитием самой математики, нашли успешное применение и в гуманитарных науках. Экономико-математическое моделирование является собой наглядный пример плодотворного применения математической идеи в научных исследованиях.

Различают следующие основные методы математического моделирования с использованием ЭВМ:

- 1) *аналитический* – применяется для анализа характеристик модели, полученной по упрощенным аналитическим зависимостям. ЭВМ используется только как вычислитель этих зависимостей;
- 2) *имитационный (машинный)* – позволяет не только анализировать характеристики модели, но и проводить структурный, алгоритмический и параметрический синтез модели на ЭВМ при заданных критериях оценки эффективности и ограничениях;
- 3) *комбинированное (аналитико-имитационное) моделирование* при анализе и синтезе систем позволяет объединить достоинства аналитического и имитационного моделирования. При построении комбинированных моделей проводится предварительная декомпозиция процесса функционирования объекта на составляющие подпроцессы, и для тех из них, где это

возможно, используются аналитические модели, а для остальных подпроцессов строятся имитационные модели. Такой комбинированный подход позволяет охватить качественно новые классы систем, которые не могут быть исследованы с использованием только аналитического и имитационного моделирования в отдельности.

При **аналитическом моделировании** свойства и процессы объекта описываются в виде функциональных соотношений (алгебраических, интегродифференциальных, конечно-разностных и т.п.) или логических условий, которые решаются либо в общем виде, либо при конкретных начальных данных (численными методами на ЭВМ), либо качественно (например, оценка устойчивости решения).

Наиболее полное исследование процесса функционирования системы можно провести, если известны явные зависимости, связывающие искомые характеристики с начальными условиями, параметрами и переменными системы S . Однако, такие зависимости удастся получить только для сравнительно простых систем. При усложнении систем исследование их аналитическим методом наталкивается на значительные трудности, которые часто бывают непреодолимыми. Поэтому, желая использовать аналитический метод, в этом случае идут на существенное упрощение первоначальной модели, чтобы иметь возможность изучить хотя бы общие свойства системы. Такое исследование на упрощенной модели аналитическим методом помогает получить ориентировочные результаты для определения более точных оценок другими методами.

Численный метод позволяет исследовать по сравнению с *аналитическим методом* более широкий класс систем, но при этом полученные решения носят частный характер. Численный метод особенно эффективен при использовании компьютеров.

В отдельных случаях исследования системы могут удовлетворить и те выводы, которые можно сделать при использовании качественного метода анализа математической модели. Такие качественные методы широко используют-

ся, например, в теории автоматического управления для оценки эффективности различных вариантов систем управления.

В настоящее время распространены методы машинной реализации исследования характеристик процесса функционирования *больших систем*. Для реализации математической модели на ЭВМ необходимо построить соответствующий моделирующий *алгоритм*.

Имитационное моделирование заключается в построении и исследовании имитационной модели, под которой понимается, например, экономико-математическая модель организации, предназначенная для использования в процессе машинной имитации.

При имитационном моделировании реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс функционирования системы S во времени, причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы S .

Основным преимуществом имитационного моделирования по сравнению с аналитическим является возможность решения более сложных задач. Имитационные модели позволяют достаточно просто учитывать такие факторы, как наличие дискретных и непрерывных элементов, нелинейные характеристики элементов системы, многочисленные случайные воздействия и др., которые часто создают трудности при аналитических исследованиях. В настоящее время имитационное моделирование – наиболее эффективный метод исследования больших систем, а часто и единственный практически доступный метод получения информации о поведении системы, особенно на этапе ее проектирования.

При имитационном моделировании с помощью ЭВМ осуществляется синтез структуры, алгоритмов и параметров модели, а также анализ и поиск оптимального варианта системы по некоторым критериям оценки эффективности. Когда результаты, полученные при воспроизведении на имитационной модели

функционирования системы, являются реализациями случайных величин и функций, тогда для нахождения характеристик процесса требуется его многократное воспроизведение с последующей статистической обработкой информации.

Метод имитационного моделирования позволяет решать задачи анализа *больших систем S*, включая задачи оценки: *вариантов структуры системы, эффективности различных алгоритмов управления системой, влияния изменения различных параметров системы.*

Имитационное моделирование может быть положено также в основу *структурного, алгоритмического и параметрического синтеза больших систем*, когда требуется создать систему, с заданными характеристиками при определенных ограничениях, которая является оптимальной по некоторым *критериям оценки эффективности.*

Имитационные модели всегда являются *динамическими моделями*. Примером динамического имитационного моделирования может служить *метод системной динамики*, разработанный Дж. Форрестером (США) в 60-х годах XX века. Имитационная модель, как правило, является кроме того *адаптивной*, так как в процессе использования она непрерывно уточняется.

Частным случаем имитационного моделирования, широко применяемым в последнее время в особенности за рубежом, служат *деловые игры*. Под ними понимается метод имитации принятия управленческих решений в различных производственных ситуациях путем игры по заданным правилам человека и ЭВМ.

В деловых играх метод имитации выработан для принятия управленческих решений в различных ситуациях путем игры по заданным правилам группы людей или человека и компьютера. Деловые игры позволяют с помощью моделирования и имитации процессов выйти на анализ, решение сложных практических задач, обеспечить формирование мыслительной культуры, управления, мастерства общения, принятия решений, инструментальное расширение управленческих навыков.

Деловые игры выступают как средства анализа систем управления и подготовки специалистов.

Разработку деловой игры необходимо начинать с четкой формулировки ее назначения. После этого можно приступать к формированию схемы игры и основных ее правил. В выбранной схеме функционирования надо предельно точно отразить опыт работы реальных систем, обратив особое внимание на структуру системы, целевые функции подсистем и системы в целом, на выбор управляющих воздействий и т.д. Одна из основных сложностей построения модели исследуемой ситуации заключается в том, что стремление к наиболее полному отражению исследуемой ситуации может привести к излишней детализации модели, которая в свою очередь повлечет за собой усложнение информационного обеспечения построенной модели. В результате этого увеличивается время, затрачиваемое на игру, затрудняется понимание происходящих процессов. Все это приводит к тому, что эффективность проведения игры снижается. Лучший способ избежать такого рода опасности заключается в том, чтобы постоянно помнить о конкретной цели проектируемой игры. Но при этом следует учитывать, что ситуации, анализируемые в игре, не должны быть упрощены до такой степени, что необходимое решение можно было бы найти непосредственно без глубокого анализа протекающих процессов, так как в этом случае результаты, полученные при анализе хозяйственной деятельности, будут носить поверхностный характер.

Формирование правил игры должно включать в себя описание методов оценки степени достижения целей игры. Если деловая игра моделирует системы, в которых цели могут формироваться только качественно, либо при количественном выражении трудно указать в явном виде связь степени достижения цели с истинными возможностями подсистем, то при построении игры особое внимание следует уделить разработке методов степени оценки достижения цели.

Опыт разработки и проведения деловых игр показывает, что деловую игру целесообразно представить как описание некоторой последовательности

разделов. Как правило, описание игры включает девять разделов: общая характеристика, описание ситуации, цель игры, задача центра, задача участников игры, формальная модель, анализ формальной модели, руководство для участников игры, результаты проведения игры.

Каждая деловая игра состоит из нескольких партий. Одна партия большинства деловых игр состоит из трех этапов:

I этап – сбор информации, т.е. сообщение элементами в вышестоящий орган (центр) запрашиваемой информации;

II этап – обработка полученной информации и выработка соответствующих решений;

III этап – реализация полученных решений, подсчет значений целевых функций.

Количество партий, как правило, не ограничивается заранее, хотя возможны варианты, когда количество партий фиксировано.

По завершении игры проводится подведение итогов, анализ игры.

Имитационные модели при исследовании систем управления строятся по аналогии с объектом исследования с использованием *статистических методов*.

Метод имитационного моделирования **Монте-Карло** (или *метод статистических испытаний*) создает дополнительную возможность при оценке риска за счет того, что делает возможным создание случайных сценариев. Основная идея метода состоит в моделировании случайных явлений посредством реализации «розыгрышей». Результаты такого моделирования обрабатывают с использованием *вычислительной техники*. Определяется тип и параметры распределения случайных величин. Допустим, мы называем единичным жребием любой элементарный опыт, в котором решается один из вопросов:

- произошло или не произошло событие А;
- какое из возможных событий А, В, С.....произошло;
- какое значение приняла случайная величина Х;

Реализация случайного явления основана на математическом законе

больших чисел. Наиболее важным является принцип случайности появления части значений параметров и, следовательно, реализации модели в целом. Имитационное моделирование может быть применено для прогноза возможных состояний системы, динамики продаж, изменения конкурентной среды организации и т.д.

Также частный случай имитационной модели — *экономико-математическая модель организации*, используемая в процессе машинной имитации.

Функционально-декомпозиционное представление системы в форме *агрегата* дополняет математические методы моделирования, используемые в ИСУ. Общее представление системы наиболее удобно использовать в форме математической модели, например, в виде контуров обслуживания или агрегата (рис.). Рассматривается абстрактная схема функционирования сложной системы, центральным звеном которой является агрегат. В каждый момент времени t агрегат находится в одном из возможных состояний $Z(t)$. Состояние агрегата в фиксированный момент времени определяется управляющим воздействием $g(t)$ в соответствии с оператором перехода H с использованием зависимости: $Z(t) = H \{Z(t^0), g(t)\}$. Агрегат имеет входные контакты. На них поступают входные сигналы $X(t)$, которые в соответствии с оператором G преобразуются в выходные сигналы $Y(t)$. Данная схема допускает варьирование большим числом параметров, используемых для характеристики состояния системы, в то же время требует упрощения набора этих параметров до предельно абстрактной модели, наиболее полно отражающей основные из них, и позволяющая прогнозировать будущие тенденции развития. Наглядность и абстрактность является преимуществом рассматриваемой векторной модели.

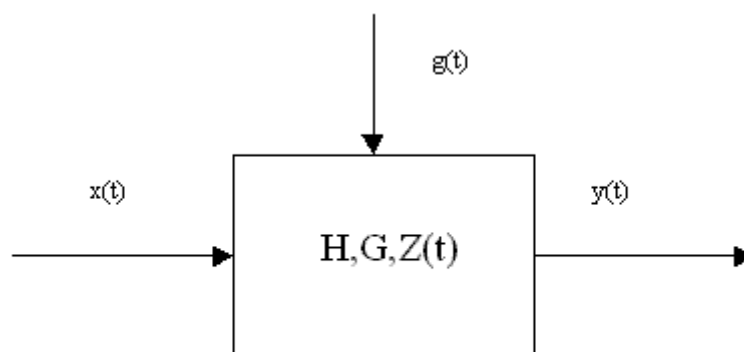


Рис. Представление системы в виде агрегата

Реальное моделирование

При *реальном моделировании* исследуются различные характеристики либо на реальном объекте целиком, либо на его части. Такие исследования могут проводиться как на объектах, работающих в нормальных режимах, так и при организации специальных режимов для оценки интересующих исследователя характеристик (при других значениях переменных и параметров, в другом масштабе времени и т.д.). Реальное моделирование является наиболее адекватным, но при этом его возможности с учетом особенностей реальных объектов ограничены. Например, проведение реального моделирования АСУ предприятием потребует, во-первых, создания такой АСУ, а во-вторых, проведения экспериментов с управляемым объектом, т.е. предприятием, что в большинстве случаев невозможно.

Реальное моделирование делят на *натурное* и *физическое*.

При **натурном моделировании** исследования проводят на реальном объекте с последующей обработкой результатов эксперимента на основе теории подобия.

Научный эксперимент характеризуется использованием средств автоматизации проведения активного эксперимента и обработки информации. При *комплексных испытаниях* вследствие повторения испытаний изделий выявля-

ются общие закономерности о надежности этих изделий, о характеристиках качества и т.д., при этом в реально протекающий процесс вводятся критические ситуации и определяются границы устойчивости. *Производственный эксперимент* связан с обобщением опыта, накопленного в ходе производственного процесса. Отличие эксперимента от реального протекания процесса заключается в том, что в нем могут появиться отдельные критические ситуации и определяться границы устойчивости процесса. В ходе эксперимента вводятся новые факторы и возмущающие воздействия в процессе функционирования объекта. Одна из разновидностей эксперимента – комплексные испытания, которые также можно отнести к натурному моделированию, когда вследствие повторения испытаний изделий выявляются общие закономерности о надежности этих изделий, о характеристиках качества и т.д. В этом случае моделирование осуществляется путем обработки и обобщения сведений, проходящих в группе однородных явлений. Наряду со специально организованными испытаниями возможна реализация натурального моделирования путем обобщения опыта, накопленного в ходе производственного процесса, т.е. можно говорить о производственном эксперименте. Здесь на базе теории подобия обрабатывают статистический материал по производственному процессу и получают его обобщенные характеристики.

При **физическом моделировании** исследования проводятся на установках, которые сохраняют природу явлений и обладают физическим подобием.

Физическое моделирование может протекать в *реальном* и *нереальном* (псевдореальном) *масштабах времени*, а также может просматриваться без учета времени. Например, так называемые «замороженные» процессы, которые фиксируются в некоторый момент времени.

Особое место в моделировании занимает **кибернетическое моделирование**, в котором отсутствует непосредственное подобие физических процессов, происходящих в моделях, реальным процессам. Реальный объект рассматрива-

ют как «черный ящик», имеющий ряд входов и выходов, исследуемую функцию реального объекта формализуют в виде некоторых операторов связи между входом и выходом, причем на базе совершенно иных математических соотношений и, естественно, иной физической реализации процесса.

Модели интеллектуальной поддержки процессов принятия решений

Методы сетевого планирования и управления (СПУ) представляют собой комплекс взаимосвязанных работ (операций), выполнение которых обеспечивает достижение определенной цели (например, CRM, PERT) и отражается в виде сетевого графика.

Метод дерева целей является составной частью более широкого **программно-целевого метода** планирования и управления. Метод подразумевает использование иерархической структуры, полученной путем разделения общей программы на подцели, а их в свою очередь – на более детальные составляющие. Каждой цели ставится в соответствие ряд числовых характеристик, особенно важны коэффициенты значимости целей. Если по аналогии с целями подойти к анализу тех средств, которые необходимы для достижения целей всех уровней, то возникает дерево ресурсов. Объединение дерева целей и дерева ресурсов с помощью комплексных народнохозяйственных программ составляет суть программно-целевого метода планирования и управления.

Идея метода дерева целей впервые была предложена У. Черменом в связи с проблемами принятия решений в промышленности.

В основе метода лежит понятие *декомпозиции*. *Декомпозиция* – это представление системы в виде совокупности подсистем, называемой декомпозиционным множеством. Суть общей задачи декомпозиции состоит в делении целого на части по определенным правилам. Цель более высокого уровня иерархии может быть достигнута только через достижение детализирующих ее подцелей. *Метод декомпозиции* позволяет расчленить сложные явления на

более простые. Чем проще элементы, тем полнее проникновение вглубь явления и определение его сущности. Например, систему управления можно разделить на подсистемы, подсистему – на функции, функции – на процедуры, процедуры – на операции. После расчленения необходимо воссоздать систему управления как единое целое, т.е. синтезировать. При этом применяется метод декомпозиционного моделирования, где модели могут быть логическими, графическими и цифровыми. Метод структуризации предусматривает количественное и качественное обоснование целей организации в целом и целей системы управления с точки зрения их соответствия целям организации. Анализ целей, развертывание их в иерархическую систему, установление ответственности подразделений за конечные результаты работы, определение их места в системе производства и управления, устранение дублирования в их работе являются важной предпосылкой построения рациональной системы управления. При структуризации должны быть обеспечены взаимоувязка, полнота, сопоставимость целей разных уровней управления.

Идея данного метода была впервые использована при разработке методики ПАТТЕРН. Как правило, термин «дерево целей» используется для иерархических структур, имеющих структуру строгого древовидного порядка, но сам метод применяется и в случаях «слабых» иерархий.



Рис. Строго иерархическая структура иерархия со «слабыми» связями

Данный метод используется для структуризации различных элементов организации. Например, его применяют для выявления и уточнения стратегии и функций управления. При структуризации проблем используют «*дерево проблемы*», при структуризации результатов деятельности – «*дерево результатов*».

Основные этапы построения дерева целей:

- формулирование генеральной цели, т.е. некоторого желаемого состояния системы;
- формирование перечня обеспечивающих подцелей. Осуществляется на основании анализа исходной проблемы, а так же экспертным путем;
- упорядочение целей, т.е. построение «дерева целей»;
- определение критериев оценки целей. Критерии – это стандарты, с помощью которых производится оценка элементов данного уровня;
- установление коэффициентов относительной важности элементов уровня «дерева целей» на основе сформулированных критериев;
- разработка комплекса мероприятий, обеспечивающих достижение поставленных целей;
- формирование критериев выбора мероприятий;
- выбор оптимальных мероприятий на основе заданных критериев;
- определение состава и объемов ресурсов для реализации выбранных мероприятий.

Термин «дерево» подразумевает использование иерархической структуры, полученной путем разделения общей цели на подцели, а их, в свою очередь, на более детальные составляющие, которые можно называть подцелями нижележащих уровней или, начиная с некоторого уровня, – функциями. Как правило, термин «дерево целей» используется для иерархических структур, имеющих отношения строго древовидного порядка, но сам метод иногда применяется и в случае «слабых» иерархий. Поэтому в последнее время все большее распространение получает предложенный В.М. Глушковым термин «прогнозный граф», который может представляться и в виде древовидной иерархической структуры, и в форме структуры со «слабыми» связями.

При использовании метода «дерево целей» в качестве средства принятия решений часто вводят термин «дерево решений». При применении «дерева» для выявления и уточнения функций управления говорят о «дереве целей и

функций». При структуризации тематики научно-исследовательской организации удобнее пользоваться термином «дерево проблемы», а при разработке прогнозов – термином «дерево направлений развития (или прогнозирования развития)» или упомянутым выше термином «прогнозный граф».

Исходя из большого числа целей предприятия, их индивидуального характера и сложных взаимосвязей для их анализа используется специальная модель – модель «дерево целей».

Кроме того, подобная модель позволяет учесть и существование иерархии целей. Это означает, что между целями помимо конфликтов, обычно существуют и другие связи. Ими являются отношения подчинения (для реализации цели А необходимо осуществление целей В, С и так далее, которые называют целями-средствами) и предшествования (до цели Д надо выполнить цель Е). Кроме того, между целями могут быть отношения совместного подчинения, при котором они являются детализирующими частями или предшественниками одной и той же более глобальной цели.

Для построения такой модели формулировки целей должны состоять из следующих элементов:

- содержание цели (что должно быть достигнуто?);
- масштаб цели (в каком объеме должна быть достигнута цель?);
- срок выполнения цели (за какое время должна быть достигнута цель?);

Модель дерева целей может быть описана с помощью связного ориентированного древовидного графа, вершины которого являются целями различной степени детализации, а ребра – связями между ними. Эти связи заключаются в том, что для выполнения некоторой цели (вершины графа) необходимо и достаточно выполнить хотя бы часть ее подцелей (подчиненных ей вершин).

Под «связностью» графа понимается, что его нельзя разбить хотя бы на две полностью независимых друг от друга системы целей. «Ориентированность» означает, что для двух связанных между собой элементов А и В правильно только одно из утверждений типа «Для выполнения цели А необходимо

выполнить цель В» или , наоборот, «Для выполнения цели В необходимо выполнить цель А».

Модель дерева целей лишь частично соответствует строгому определению понятия «дерево» теории графов и имеет следующие особенности:

- имеется одна – единственная вершина – «корень» дерева, которая не является подвершиной ни одной другой вершины. Это главная цель, а остальные лишь детализируют, раскрывают ее;

Для достижения этого при построении вариантов структуры следует учитывать закономерности целеобразования и использовать принципы и методики формирования иерархических структур целей и функций.

Метод «дерева целей» ориентирован на получение полной и относительно устойчивой структуры целей, проблем, направлений, т.е. такой структуры, которая на протяжении какого-то периода времени мало изменялась при неизбежных изменениях, происходящих в любой развивающейся системе. Для достижения этого при построении вариантов структуры следует учитывать закономерности целеобразования и использовать принципы и методики формирования иерархических структур целей и функций.

Метод дерева решений широко применяется при оптимизации многошагового процесса принятия решений. В отличие от сетевого графика, лежащего в основе метода СПУ, дерево решений является примером стохастических сетевых моделей. Принципы этих моделей разработаны американскими исследователями С. Элмаграби и Г. Эйснером в 1962-1964 гг.

Модели коллективного принятия решений используются в тех областях, где решения общественной значимости не могут приниматься на основе рыночных механизмов из-за их неэффективности вследствие разрозненных действий отдельных субъектов: в производстве общественных продуктов, ценообразовании и т.д.

Моделирование в условиях нечеткого задания информации. При моделировании процесса принятия решений рассматриваются четыре основные ситуации:

- определенность;
- риск;
- неопределенность;
- неточность.

В условиях *определенности* ЛПР имеет полную информацию о значении результатов на выходе модели и о состояниях всех участников процесса. В условиях *риска* известны значения результатов и относительная вероятность возможных состояний. При *неопределенности* мы имеем дело с четко определенным явлением, но не знаем, произойдет оно или нет. В условиях *неточности* событие определено нечетко, его трудно классифицировать.

Необходимость различать понятия неточности и случайности послужила стимулом для создания специальной **теории размытых (нечетких) множеств** (Л.А. Заде, 1965). На практике для снятия нечеткости используют *методы центров тяжести или площади*.

Нечеткая информация. Отличительными особенностями сложных технологических объектов и процессов являются большое число и сложность связей между параметрами состояния объектов; трудоемкость процедур построения математического описания и использования его для получения практических результатов с разумными экономическими затратами; высокий уровень погрешностей измерений технологических параметров, а иногда невозможность проведения измерений; необходимость принимать решения для управления технологическими агрегатами и производствами в условиях неполной информации о состоянии объектов и другие факторы.

Математические модели сложных процессов и объектов существенно нелинейны, дискретны и имеют большую размерность. Кроме того, адекватное описание сложных технологических систем требует использования и формализации качественной (субъективной) информации об особенностях их функцио-

нирования. Это связано в основном с нижеследующими причинами.

Принципиальная неустрашимость человека и даже группы людей из процесса выработки решения. Нечеткость, вносимая человеком, порождает многокритериальность оценочных суждений, субъективность предпочтений и т.п.

Сложность математического моделирования указанных объектов и процессов традиционными методами анализа. Большое количество переменных и ограничений, дискретность, высокий уровень производственных помех, нестабильный характер работы промышленных объектов, колебания характеристик сырья и т.п. обуславливают размытый, нечеткий характер информации, описывающей данные явления. Многофакторность технологических процессов довольно часто затрудняет получение количественных описаний функционирования сложных производств, формирование ограничений, а в ряде случаев и целей при управлении системами в конкретных производственных ситуациях. В таких случаях используют качественную информацию для выработки решений.

Сложность измерения технологических параметров. В агрегатах имеют место зоны, труднодоступные для объективного контроля существующими измерительными средствами. Для изображения картины протекания процессов в таких зонах также используется качественная информация, представляемая в виде экспертных знаний и заключений (ЭЗЗ).

При проведении исследований на сложных объектах учитывается качественная информация, однако полного формализованного описания данного учета до сих пор не существует. При построении математических моделей и систем управления главным образом используются физические закономерности и количественные данные, получаемые с объекта исследования, а качественная информация не рассматривается как равноправное средство. Между тем, проблема математической обработки качественной информации включает сбор, оценку достоверности, систематизацию, формализацию, переработку информации указанного характера с применением вычислительной техники.

Типичными ситуациями, когда используется качественная информация, являются:

- предварительное изучение сложного процесса и формирование цели исследования;
- выбор наиболее важных технологических параметров;
- анализ экспериментальных данных и результатов моделирования с точки зрения соответствия реальному процессу;
- классификация производимой продукции по категориям качества;
- оценка функционирования сложных систем управления;
- принятие решений в условиях неопределенности и в нечетко определенных ситуациях и т.п.

Основным способом получения качественной информации является наблюдение за ходом технологического процесса. Наряду с этим качественная информация формируется при анализе результатов экспериментальных измерений, а также результатов физического и математического моделирования. Под воздействием получаемой информации в сознании исследователя формируется модель объекта исследования, которая, в свою очередь, позволяет корректировать вновь поступающую качественную информацию и количественные данные.

Достоверность качественной информации, получаемой при наблюдении за ходом сложного технологического процесса, существенно зависит от психофизиологических возможностей человека – эксперта (оператора сложного процесса).

В связи с этим при анализе сложных систем раньше основное внимание уделялось предметной области и ее адекватному описанию, а на современном этапе на передний план вышла проблема получения знаний о самом эксперте, непосредственно принимающем участие и вырабатывающем решения в ходе технологического процесса.

Для принятия правильного решения необходимо располагать качественной информацией, представляющей и обосновывающей различные точки зрения на процесс решения задачи. Такая информация должна опираться, по меньшей мере, на результаты диагностики текущего состояния проблемы и их

интерпретацию, возможные варианты и прогнозы результатов принимаемых решений.

В силу сложности и многофакторности анализа и оценки ситуации, а также субъективности индивидуального опыта и уровня квалификации лица, принимающего решения, одна и та же ситуация может приводить к различным выводам. Поэтому в нетривиальных ситуациях к решению проблем необходимо привлекать специалистов-экспертов в данной и смежных областях. Если процесс протекает в динамических, быстро меняющихся условиях, то трудности проведения таких консультаций очевидны. Поэтому в сферах с плохо структурируемыми и алгоритмизируемыми задачами, требующими проведения постоянных консультаций с экспертами, для принятия правильного решения необходимо учитывать уровень знаний того или иного эксперта.

По поводу возможности построения математических моделей эксперта (оператора сложного процесса) существует много различных, причем порой совершенно противоречивых, мнений. Так, с одной стороны, предпринимаются попытки описания его деятельности в системе с помощью только одной передаточной функции, а с другой стороны, утверждается, например, что «единственной истинной характеристикой человека является его изменчивость». Однако в любом случае оценка достоверности качественной информации требует учета человеческого фактора, личностных характеристик эксперта и способности выполнять поставленные задачи.

Так, оценка действий человека-оператора в человеко-машинных системах (ЧМС) проводилась путем включения оператора в качестве функционального звена в контур управления ЧМС. Например, модели действий человека-оператора в режиме однокомпонентного слежения представлены в табл.

В этой таблице приведены модели слежения, полученные эмпирическим путем различными исследователями. Управление осуществлялось интегрирующим звеном, инерционным (апериодическим) звеном, соединением звеньев с передаточной функцией $W_c(s)$. Передаточная функция оператора в общем виде $W_{оп}(s)$ фигурирует в так называемой универсальной модели

Эмпирические математические модели человека-оператора

Управляемый объект	Задающее воздействие (возмущающий сигнал)	Передаточная функция оператора	Авторы модели (год)
Усилительное звено	Четырехмодовый сигнал	$\frac{(0.28s + 1)}{s} e^{-0.38s}$	Л. Рассел (1960)
Усилительное звено	Многомодовый сигнал	$\frac{ke^{-\tau s}}{Ts + 1}$	Дж. Элкин (1964)
Усилительное звено	Многомодовый сигнал	$\frac{ke^{-\tau s}}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}$	Д. Макруер, Е. Крендел (1959)
Инерционное звено	Цветной шум, формирующий фильтр третьего порядка	$\frac{k(T_3s + 1)e^{-\tau s}}{T_2s + 1}$	Д. Макруер, Е. Крендел (1959)
Интегрирующее звено	Трехмодовый сигнал	$\frac{k(Ts + 1)e^{-\tau s}}{s}$	В. Анастин (1960)
$W_c(s)$	Многомодовый сигнал	$W_c(s)W_{on}(s) = \frac{w_c}{s} e^{-\tau s}$	Д. Макруер, О. Грехем, Е. Крендел (1967)
$W_c(s)$	Многомодовый сигнал	$k \frac{(T_1s + 1)}{(T_2s + 1)} + \frac{k_u}{s}$	М. Сильверстров и др. (1984)

Разработанные ранее математические модели человека-оператора, в том числе представленные в табл. 2.9, исходили из предпосылки хорошей структурированности человеко-машинных систем и, как правило, игнорировали ведущую роль человека в привнесении неопределенности и субъективности исходных данных. Во многих случаях это является существенным препятствием для практического использования таких моделей. Во многих современных системах человек-оператор перестает быть непосредственным звеном контура управления, и ему отводится роль контролера, имеющего широкие возможности вмешательства в процесс управления. Непрерывное управление объектом движения, технологическим процессом и т.п. при таком подходе осуществляется ЭВМ, которая замыкает контур между датчиками состояния системы и регуляторами управления. Человек-оператор при этом работает в контуре управления

на более высоком иерархическом уровне.

Особенностью работы человека-оператора (эксперта) в системах такого типа является также то, что он весьма часто имеет скудную информацию о структуре объекта управления, поскольку последний может претерпевать в процессе функционирования существенные изменения. В связи с этим закономерный интерес вызывают попытки оценить качество принимаемых экспертом решений в задаче управления объектом, структура которого ему неизвестна. В настоящее время существует чрезвычайно малое число работ, посвященных исследованию данной проблемы. Практически полностью отсутствуют работы, в которых рассматривались бы вопросы моделирования таких ЧМС. В то же время наиболее поразительным свойством человеческого интеллекта является способность принимать правильные решения в обстановке неполной и нечеткой информации. Построение моделей приближенных рассуждений человека и использование их в компьютерных системах представляет сегодня одну из важнейших проблем науки. Успешное применение сложных технических систем, функционирующих в комплексе «человек-машина», невозможно без применения современных методов анализа. Усложнение систем привело к увеличению неопределенности их функционирования. В связи с этим остро встала проблема адекватности используемых моделей, определяемая в первую очередь реализацией принципа информационной достаточности как варианта использования информации, получаемой в результате применения объективных (но ограниченных) методов исследования и субъективных, основанных на экспертных знаниях и заключениях. Разработанные ранее подходы на основе детерминированных и стохастических моделей не соответствуют уровню сложности современных систем, так как вопрос оценки адекватности таких моделей реальным системам не может быть решен только в рамках принятых детерминированных методов исследований. Поэтому в практике эксплуатации сложных объектов и систем все активнее используются результаты теории нечетких множеств, позволяющей объединить объективные и субъективные методы исследования в единый метод путем формализации опыта, интуиции исследователя, выражен-

ных на естественном языке. Использование субъективных оценок эксперта об особенностях исследуемого процесса или явления есть по сути дела уточнение в математических моделях разнообразных аспектов реального мира, в котором большинство сущностей имеют плавные, нечеткие границы перехода от принадлежности к некоторому классу к непринадлежности. Привлечение идеи взвешенной принадлежности элементов к множеству дает в руки исследователей новый аппарат, позволяющий количественно учитывать качественную информацию.

Обработка нечеткой информации. Качественный характер информации обуславливает различные виды неопределенностей, связанных с нечеткостью, размытостью, смысловой неоднозначностью используемых образов и понятий. Для характеристики такого рода неопределенностей в настоящее время используются *методы получения вероятностных оценок*, в частности при использовании *экспертных измерений*. В исследованиях отмечается, что в отличие от *инструментальных экспертных измерений* не имеют соответствующей метрологической базы, в связи с чем возникают проблемы в определении точности и достоверности этих измерений. Большинство экспертных процедур используют *статистические методы* обработки информации, позволяющие оценить случайную погрешность измерений, а также надежность статистического вывода эксперта. Однако эти оценки являются условными, так как первая из них характеризует лишь разброс мнений экспертов, а вторая – только их согласованность. Обе оценки существенно зависят от выбранной экспертами эмпирической шкалы измерений, способов преобразования ее в числовую шкалу и принятых критериев точности измерений. Ниже рассмотрен один из подходов к оценке достоверности экспертных измерений, базирующийся на информационно-статистической теории измерений.

Постановка задачи. Пусть экспертному оцениванию подлежат реализации случайной величины $U \in [0,1]$ с плотностью распределения $f(u)$, которые не могут быть измерены опытным путем с использованием инструментальных средств. Для экспертного оценивания величины U на отрезке $[0,1]$ формируется

шкала измерения H с делениями

$$0 = u_0 < u_1 < \dots < u_n = 1 \quad (1)$$

и требуемой точностью измерений

$$\delta = \max |u_i - u_{i-1}| \quad \text{при } 1 \leq i \leq n. \quad (2)$$

Задача эксперта состоит в указании интервала $\Delta_i = (u_{i-1}, u_i)$, в котором возможно нахождение значений случайной величины U в соответствии с его субъективным представлением.

Результат такого экспертного оценивания неизбежно содержит погрешность измерения ε , которая состоит в неправильной классификации величины U относительно заданной шкалы измерения H . Будем считать, что погрешность ε входит аддитивно в результат измерения. В этом случае экспертная оценка U^* будет связана с его истинным значением уравнением

$$U^* = U + \varepsilon, \quad (3)$$

где ε – случайная погрешность измерения с условным распределением $\varphi(\varepsilon/u_i)$, $i = 1, \dots, n$, относительно делений шкалы H .

Распределение $\varphi(\varepsilon/u_i)$ является субъективной мерой вероятности предпочтения эксперта относительно измеряемой величины U . Оно характеризует уровень его компетентности и возможность достоверного оценивания измеряемой величины. Достоверность экспертного оценивания можно характеризовать вероятностью классификации величины U в заданной шкале измерений. При использовании N независимых экспертов вероятность правильной классификации измеряемой величины

$$D = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^n d_{ik}, \quad (4)$$

$$\text{где } d_{ik} = D(U_k^* \in \Delta_i, U \in \Delta_i) = \int_{\Delta_i} \int f(u) \phi_k(u^* - u) du du^* -$$

– вероятность правильной оценки величины U в диапазоне измерений $\Delta_i = (u_{i-1}, u_i)$, $i = 1, \dots, n$ k -м экспертом.

В зависимости от уровня компетентности экспертов возможны два пре-

дельных случая экспертных измерений – грубые и точные. Грубые измерения соответствуют низкому уровню компетентности эксперта, когда погрешность измерений имеет равномерное или близкое к нему распределение на всем интервале измерений $[0,1]$:

$$\varphi(\varepsilon) = \begin{cases} 1, & \varepsilon \in [0,1]; \\ 0, & \varepsilon \notin [0,1]. \end{cases} \quad (5)$$

В этом случае достоверность экспертных измерений будет

$$D = \sum_{i=1}^n |\Delta_i|^2 \bar{f}_i, \quad (6)$$

где $\Delta_i = u_{i-1} - u_i$ – ширина i -го диапазона измерений;

$$\bar{f}_i = \frac{1}{|\Delta_i|} \int_{u_{i-1}}^{u_i} f(u) du \quad \text{– среднее значение плотности распределения } f(u) \text{ в } i\text{-м диапазоне измерений.}$$

При достаточном уровне компетентности и согласованности экспертов распределение погрешности измерений близко к нормальному закону с нулевым средним:

$$\varphi(\varepsilon / u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \delta_\varepsilon} \cdot e^{-\frac{(\varepsilon - u)^2}{2\delta_\varepsilon^2}}, \quad \varepsilon \in (-\infty, \infty), \quad (7)$$

что соответствует определению точных измерений.

Достоверность экспертных измерений в этом случае

$$D \approx \sum_{i=1}^n |\Delta_i|^2 \alpha_i \bar{f}_i, \quad (8)$$

где $\alpha_i = 2/|\Delta_i|^2 * \Phi_0(|\Delta_i|/2\sigma_\varepsilon)$ – весовой коэффициент, характеризующий достоверность экспертного оценивания в i -м диапазоне измерений.

Из анализа полученных выражений следует, что при уменьшении цены

деления шкалы ($n \rightarrow \infty$), т.е. повышении точности измерений ($\delta \rightarrow 0$), достоверность экспертных измерений уменьшается ($D \rightarrow 0$). Этот феномен объясняется тем, что при увеличении числа делений эксперту становится труднее правильно классифицировать измеряемую величину относительно делений шкалы.

В связи с этим возникает задача определения оптимальной шкалы, обеспечивающей максимальную достоверность экспертных измерений. Задаваясь различными значениями весового коэффициента $0 < \alpha < 1$, можно получить требуемую разрядность шкалы для экспертного оценивания.

Таким образом, при измерении качественной составляющей ЭЗЗ прямое использование известных методов измерения информации, основанных на понятии вероятности как численной меры объективной возможности получения правильного результата, дает удовлетворительные результаты только в двух крайних случаях: когда законы распределения ошибок измерения имеют равномерный вид или подчиняются кривой Гаусса. Наличие субъективной составляющей погрешности, порожденной человеческим мышлением, приводит к большим ошибкам при попытках измерения качественной составляющей ЭЗЗ с использованием только теоретико-вероятностного подхода. Выход из создавшегося положения видится в применении методов, основанных на теории нечетких множеств. Нечеткие числа, получаемые в результате «не вполне точных измерений», во многом аналогичны распределениям теории вероятности, но свободны от присущих последним недостатков (малое количество пригодных к анализу функций распределения, необходимость их принудительной нормализации, соблюдение требований аддитивности, трудность обоснования адекватности математической абстракции для описания поведения фактических величин). В то же время в пределе возрастания точности нечеткие измерения приводят к стандартным метрологическим измерениям.

Обобщение четкого метода измерений, как правило, не представляет собой трудности, если адекватно условиям решаемой задачи выбраны способы представления нечетких понятий, реализации нечетких вычислений, сравнения нечетких чисел, формирование нечеткого множества лучших альтернатив.

Применение нечетких переменных в задачах оперативного управления в большинстве случаев направлено на формализацию некоторых технических параметров, входящих в математическую модель (ограничения, критерии, функции преобразования вход-выход). Наряду с развитием этого направления известен подход, позволяющий на базе нечетких понятий формализовать так называемую «функцию компетентности» эксперта, т.е. сформировать математическую модель самого эксперта.

Действия экспертов могут иметь различные по своей природе виды нечеткости. Приведем в качестве примера некоторые из них:

- нечеткость оценки эксперта (субъективность критериев перехода внутри оценочной шкалы);
- человеческий фактор (психофизиологическая нечеткость: психическое состояние, усталость, невнимательность эксперта и т.п. в момент экспертизы);
- нечеткость элементов экспертизы (объекты экспертизы, оцениваемые по обычным методам, могут быть мало различимы, т.е. иметь одинаковые оценки).

С позиций теории нечетких множеств модель сложной системы представляет собой совокупность локальных моделей, каждая из которых является нечетким отношением в определенной области информационного пространства. При малом количестве информации локальная модель строится на основе качественных понятий (лингвистических переменных) и элементы матрицы нечетких отношений идентифицируются по знаниям эксперта. В случае увеличения объема информации, например при проведении измерений, качественные переменные синтезируются на основе количественного анализа, что позволяет выявить объективную тенденцию функционирования системы.

Конечно, привлекательней всего использовать объективные закономерности, если они известны. Однако при исследовании сложных объектов и процессов данные закономерности не всегда удается точно установить или их определение сопряжено с непомерными затратами (материальными, временными и

т.п.). В таком случае остается опираться на знания и опыт экспертов в данной области, формулировать в явном или неявном виде их субъективные предпочтения.

Как правило, в сложных ситуациях эксперту приходится принимать решения не только в условиях неполных, но и зачастую недостоверных и противоречивых данных, когда цели, ограничения и последствия возможных действий точно неизвестны. Кроме того, не всегда удается получить требуемую информацию вовремя и в достаточно наглядном виде. Действия эксперта в такой ситуации главным образом зависят от его личностных характеристик (профессионального опыта, теоретической подготовленности, особенностей памяти, интуиции, логических способностей и т.п.). Поэтому и качество экспертных знаний и заключений, применяемых при анализе сложных объектов и процессов, существенно зависит от указанных характеристик эксперта, описываемых упомянутой функцией компетентности.

Получение агрегированной, обобщенной величины, объединяющей в себе оценки личностных характеристик эксперта с помощью обычных (четких) методов измерений, затруднено или связано с большой погрешностью, поскольку она имеет нечеткий характер, с одной стороны, и большую многомерность представления, с другой. Один из путей реализации принципа и решения возникающих при этом проблем видится в разработке методов и алгоритмов, ориентированных на широкое применение мягких (нечетких) методов измерений.

Кроме того, в ЭЗЗ большое место занимает качественная (синтаксическая, семантическая, нормативно-техническая, юридическая и др.) и субъективная (присущая «человеческому фактору» в принятии решений) информация, которая не может быть адекватно формализована известными точными методами измерений.

Применяемые способы описания нечетких данных базируются в основном на таком определении класса, когда между различными классами данных проходит четкая граница различимости. Провести такую четкую границу между классами ЭЗЗ, используемых для решения задач принятия решений по управле-

нию реальными сложными динамическими объектами, не всегда удается. Как правило, граница между ними «размыта», т.е. существует между двумя толерантными классами такое пространство пересечений (нечеткости), когда нельзя однозначно оценить состояние (распознать ситуацию) и принять соответствующее решение. Вследствие этого возможности существующих классических методов описания и представления, основанные на использовании только четких множеств и отношений эквивалентности для решения задачи диагностики ЭЗЗ, в силу их качественной природы, имеющих нечеткие «размытые» образцы, крайне ограничены. Особенно это характерно при формировании ЭЗЗ в условиях неопределенности, когда иная информация, кроме нечеткой (размытой, расплывчатой), недоступна или ее получение связано с выполнением ряда заведомо неприемлемых условий, например временных, материальных и других затрат. В этих условиях нечеткости и многомерности искусственное введение однозначности и полной определенности означает не что иное, как огрубление исходных данных, применение неадекватных четких моделей описания, что способствует получению пусть четкого, но неверного результата.

В традиционных подходах, порожденных декартовой рационалистической методикой, существует тенденция отвергать такие термины, как неясность, неопределенность, нечеткость или неточность. Однако в реальном мире мы неминуемо сталкиваемся со множеством случаев, когда невозможно избежать проблемы неясностей и нечетких данных о событиях, характеристиках и оценках. Это и вызвало появление новой модели – теории нечетких множеств.

В 1965 г. в СССР Л. Заде предложил теорию нечетких множеств, получившую также название нечеткой логики. Теория нечетких множеств дала схему решения поставленных в настоящей работе задач, в которых субъективное решение или оценка играют существенную роль при оценке факта неясности и неопределенности. Теория нечетких множеств прошла путь от разработки формальных средств представления плохо определяемых понятий, используемых человеком, и аппарата для их обработки до моделирования приближенных рассуждений, к которым человек прибегает в повседневной и профессиональной

деятельности, и даже до создания компьютеров с нечеткой логикой. В теории нечетких множеств была введена функция принадлежности к некоторому нечеткому множеству $\mu_A(u_i)$, являющаяся одним из ее краеугольных камней. Ее основная особенность заключается в том, что она характеризует субъективное представление эксперта о характере какого-либо процесса или свойствах некоторого объекта.

Таким образом, если функция распределения в теории вероятности подчинена объективным закономерностям и не зависит от отношения эксперта к этим закономерностям, то функция $\mu_A(u_i)$ – это функция, определяющая субъективное мнение специалиста, которая может быть использована для его характеристики.

Еще одна особенность теории нечетких множеств – многозначность значения истинности. В двузначных логических системах значение истинности может иметь только два значения – истина или ложь. В многозначных логических системах значение истинности может быть элементом конечного множества, некоторого интервала действительных чисел. В нечеткой логике значение истинности может быть размытым подмножеством любого достаточно упорядоченного множества. Но обычно это – нечеткое подмножество на интервале $[0,1]$ или попросту точка этого интервала. Так называемые лингвистические критерии истинности, такие как «верно», «совершенно верно», «не вполне верно» и т.п., могут интерпретироваться как метки нечетких множеств. В двухзначных логиках предикаты четкие, в нечетких логических системах они размытые, например «достаточный», «недостаточный» и т.д. Следует заметить, что большинство предикатов в естественных языках размытые (нечеткие), а не четкие. В классических логических системах вероятность выражается числом или интервалом. В теории нечетких множеств дополнительно можно использовать нечеткие понятия. Такие понятия можно интерпретировать как функции принадлежности, операции над которыми проводятся по правилам размытой арифметики.

Центральным понятием теории нечетких множеств является понятие лин-

лингвистической переменной. Согласно Л. Заде, *лингвистической* называется переменная, значениями которой являются слова или предложения естественного или искусственного языка. Примером лингвистической переменной является, например, «Уровень знаний», если она принимает не числовые, а лингвистические значения, такие как «недостаточный», «достаточный», «удовлетворительный», «хороший», «очень хороший», «отличный». Лингвистические значения данной лингвистической переменной нечетко характеризуют сложившуюся ситуацию, причем очевидно, что мера того, что уровень знаний является «отличным», должна быть весьма мала. Смысл лингвистического значения X характеризуется выбранной мерой – функцией принадлежности (membership function) $\mu: U \rightarrow [0,1]$, которая каждому элементу u универсального множества U ставит в соответствие значение совместимости этого элемента с X . Нечеткое подмножество A универсального множества U характеризуется функцией принадлежности $\mu_A: U \rightarrow [0,1]$, которая ставит в соответствие каждому элементу $u \in U$ число $\mu_A(u)$ из интервала $[0,1]$, характеризующее степень принадлежности элемента u подмножеству A . Носителем множества A называется множество таких точек в U , для которых величина $\mu_A(u)$ положительна.

Одним из основных преимуществ подхода, основанного на теории нечетких множеств, является возможность измерения качественной составляющей информации на основе сравнения функций принадлежности, что невозможно при использовании обычных методов измерений. Такой подход может составить основу метода нечетких измерений.

Пример использования нечеткой информации. Ниже в качестве примера прикладной предметной области использования качественной информации при управлении сложными объектами и процессами рассмотрено доменное производство. Доменный процесс в настоящее время характеризуется целым комплексом механических, тепловых и физических явлений. Такие зоны в доменной печи, как зона вязко-пластичного состояния материалов, осевая зона мало-подвижных материалов, фурменная зона, объективно почти не контролируются. Ведение доменной плавки, по существу, является искусством. На первый

план выходят профессиональные качества технологического персонала (экспертов), их знания и заключения. Основные функции типовой бригады доменщиков можно представить в следующем виде:

мастер печи – производит комплексную оценку информации от рабочих своей бригады: проверяет ее достоверность, оценивает степень влияния всех факторов на ход плавки, проводит идентификацию технологической ситуации на печи, принимает оптимизирующие решения по стабилизации и управлению;

машинист загрузки – оценивает качество кокса, железнорудных материалов, работы вращающего распределителя шихты, схода шихты;

горновой – оценивает состояние фурменных очагов, нагрев чугуна и шлака, выпуск продуктов плавки, равномерность распределения газа по фурмам;

водопроводчик – оценивает степень теплонапряжения холодильников и кожуха печи во всех зонах, состояние воздушных фурм;

газовщик – оценивает состояние показателей контрольно-измерительных приборов, системы нагрева дутья, ход печи, давление в печи, режим загрузки;

технолог – оценивает режим дутья, подачи кислорода, природного газа, оптимизацию их соотношений, степень использования природного газа.

На каждом этапе технологического процесса эксперты, в данном случае доменщики, непосредственно принимающие участие в производстве, для оценки значений соответствующих производственных факторов помимо инструментальных измерений используют качественную информацию, формулируемую на профессиональном языке (подмножестве естественного языка), отражающем специфику доменного производства. Следствием этого является использование в процессе выработки наилучшего решения по управлению доменной плавкой качественных элементов – понятий и отношений с нечеткими (размытыми, расплывчатыми) границами, высказываний с многозначной шкалой истинности. Упомянутые качественные элементы являются составной частью ЭЗЗ. С другой стороны, ЭЗЗ, используемые при управлении доменным производством, формируются не только квалифицированными специалистами – производственниками, но также и научными работниками, выполнившими теоретические

или экспериментальные исследования в рассматриваемой области. Такие ЭЗЗ оформляются в виде выводов, логических выражений, описаний, математических моделей, результатов расчетов, экспериментальных зависимостей и т.п.

В настоящее время полная математическая модель доменного процесса, отражающая взаимосвязь комплексов механических, тепловых, массообменных явлений и воздействий мастера печи, еще не построена и поэтому существует необходимость использования частных моделей, отражающих особенности процессов в труднодоступных для объективного контроля зонах. Одним из наиболее важных факторов при таком подходе является анализ эффективности ЭЗЗ, применяемых при построении таких моделей (табл.).

Необходимо отметить, что в табл. перечислены далеко не все локальные модели и исследования для труднодоступных зон доменной печи. Основной целью данной таблицы является представление характеристик и параметров, которые в настоящее время не поддаются инструментальным измерениям и оценка которых зависит главным образом от качественной информации с объекта исследования (ЭЗЗ).

Как видно из табл., проблема учета качественной составляющей информации, использующейся в исследованиях сложных объектов и процессов, в том числе доменного процесса, в той или иной мере сводится к анализу корреляционных отношений. Таким образом, одним из важных этапов данной задачи является измерение коэффициентов корреляции и на их основе – расчет относительной погрешности измерений. Необходимо привести еще ряд исследований, в которых используются данные статистические показатели, в частности анализируются нижеследующие зависимости.

Исходная информация для анализа эффективности ЭЗЗ в доменном производстве

№ п/п	Наименование исследований, математических моделей	Анализируемая информация	
		Теоретическая	Экспериментальная
1	Определение газораспределения в горне доменной печи	Расчетные значения скорости газа в шахте доменной печи, м/сек	Значения скорости газа, измеренные термоанемометром, м/сек
2	Определение формы и местоположения зоны пластичности	1. Погрешность методики 8,62 % 2. Расчетные значения температур газа по радиусу исследовательских горизонтов	1. Измеренные значения температур в действующей доменной печи 2. Прогнозное значение содержания Si в чугуне 3. Коэффициент корреляции между индексом верха и температурой колошника – 0,86
3	Модель теплообмена в доменной печи		
4	Модель зоны малоподвижных материалов (тотермана) доменной печи	Расчетные значения скорости движения материала в шахте и горне доменной печи	Локальная скорость схода шихты на колошнике доменной печи
5	Датчик скорости газа в шихте доменной печи	-	1. Относительная погрешность показаний – 4,8 – 5,3 % 2. Максимальное значение погрешности – 30 % 3. Наиболее вероятное значение погрешности – 10 %
6	Датчик определения диаметра частиц в слое кусковых материалов	-	1. Зависимость интенсивности охлаждения датчика от диаметра куска 2. Относительная погрешность измерений – 10 %

Например, между интенсивностью излучения фурменных зон и следующими параметрами: расход дутья, содержание Si в чугуне (коэффициент корреляции (r) равен 0,3 ... 0,4), влажность дутья, температура дутья, содержание Mn в дутье, скорость схода шихты, содержание FeO в шлаке ($r = 0,564 \dots 0,622 \dots 0,655$).

Первый пример:

а) приход тепла в нижнюю часть печи – содержание Si в чугуне ($r = 0,15 \dots 0,405$), с повышением надежности контроля ($r = 0,449 \dots 0,811$);

б) содержание Si в чугуне – основность шлака ($r = 0,3 \dots 0,55$);

в) расход углерода кокса на фурмах – содержание Si в чугуне

($r = 0,40 \dots 0,55$).

Степень использования СО – неравномерность газораспределения
($r = 0,304$).

Температура фурменных зон – содержание Si в чугунах ($r = 0,474$).

Расход углерода кокса на фурмах – степень использования СО
($r = 0,19 \dots 0,569$).

Второй пример:

а) тепловое состояние низа печи – содержание Si в чугунах
($r = 0,38 \dots 0,68$);

б) интенсивность плавки – тепловое состояние верха печи ($r = 0,8$), данные по корреляционной матрице ($r = 0,03 \dots 0,82$).

Третий пример:

а) индекс экономии углерода – содержание Si в чугунах ($r = 0,30$);

б) степень использования восстановительной способности газов – содержание Si в чугунах ($r = 0,324$);

в) показатель теплового баланса низа печи – содержание Si в чугунах
($r = 0,209$).

Как видно из приведенных данных, получаемые различными исследователями коэффициенты корреляции имеют большой разброс ($0,03 \dots 0,86$). Между тем при инструментальных измерениях значения коэффициентов корреляции в зависимости от класса точности (ГОСТ 8.401-80) принимают значения в диапазоне $0,99 \dots 0,9999$. С другой стороны, в целом ряде работ показано, что для успешной идентификации технологических ситуаций значение коэффициента взаимной корреляции между входной и выходной величинами должно быть не менее $0,707$, а для целей автоматизированного управления – не ниже $0,80$. Однако такие высокие значения коэффициентов корреляции для традиционных математических методов и моделей объектов оказываются недостижимыми, поскольку они из-за своей идеализации не учитывают всю совокупность внешних возмущений и внутренних процессов, происходящих в таких сложных промышленных объектах, как, например, доменная печь. В итоге надежность

практических рекомендаций, полученных с помощью традиционных «точных» методов измерений, невысока.

В то же время в настоящий момент не существует практически никаких других исследований, касающихся эффективности применения на практике методов и моделей с коэффициентами корреляции, имеющими значения ниже 0,707, хотя, как видно из приведенных выше данных, большинство перечисленных методов и моделей оперируют как раз с такими значениями корреляционных отношений. При оценивании эффективности метода или модели на основе корреляционных отношений, по существу, используются методы, содержащие измерительную шкалу в пределах от 0 до 1 лишь с одним делением 0,707 (или 0,8). Все это требует разработки нетрадиционных аналитических методов измерений и алгоритмов обработки, использующих более точную шкалу для оценки корреляционных моментов и погрешностей для того, чтобы вести измерения в диапазоне $[0, 1]$. Необходимо отметить, что данные методы требуют привлечения экспертной информации и анализа ЭЗЗ. В связи с этим возникает дополнительная потребность проверки надежности ЭЗЗ, что, в свою очередь, связано с решением задачи обобщения и формализации ЭЗЗ на основе известных метрологических понятий.

Таким образом, актуальной является задача диагностики качества ЭЗЗ, применяемых при управлении сложными объектами и процессами, в частности доменного производства.

Физическая постановка задачи моделирования. Экспертные знания и заключения (ЭЗЗ) формируются квалифицированными специалистами – производственниками, а также научными работниками, выполнившими теоретические или экспериментальные исследования сложного процесса. ЭЗЗ оформлены в виде выводов, логических выражений, описаний, математических моделей, результатов расчетов, экспериментальных зависимостей и т.п.

ЭЗЗ содержат информацию о погрешностях полученных закономерностей, дисперсии, корреляции и т.д.

ЭЗЗ характеризуются качеством, точностью, которые непосредственно

связаны с уровнем компетентности, степенью квалификации источников, их образовавших.

ЭЗЗ содержат как количественную, так и качественную информацию и могут быть подвержены возмущающим воздействиям при их непосредственном использовании.

ЭЗЗ предлагаются как составная часть баз знаний информационных систем или могут быть применены самостоятельно при идентификации, управлении и оптимизации сложных процессов.

Указанные свойства и особенности ЭЗЗ предложено учитывать в настоящей работе путем их представления в виде информационных гранул с сосредоточенными характеристиками (рис.).

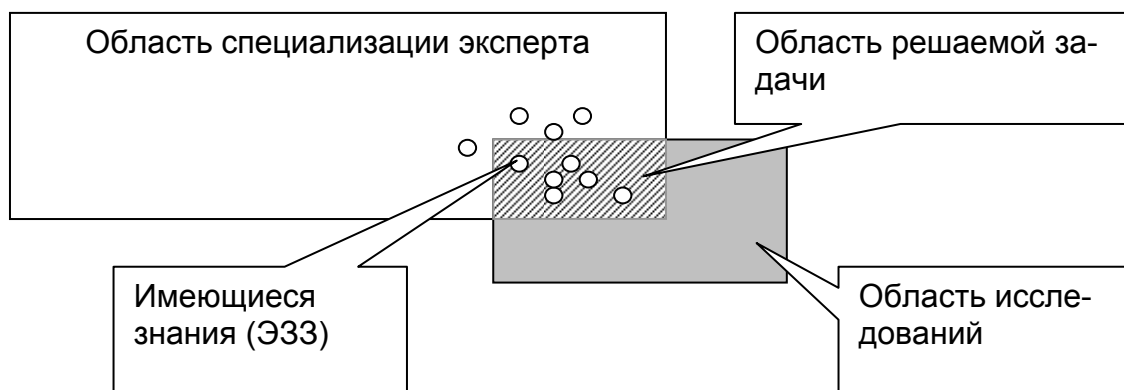


Рис. Взаимосвязь ЭЗЗ с областью решаемой задачи, областью исследований и областью специализации эксперта

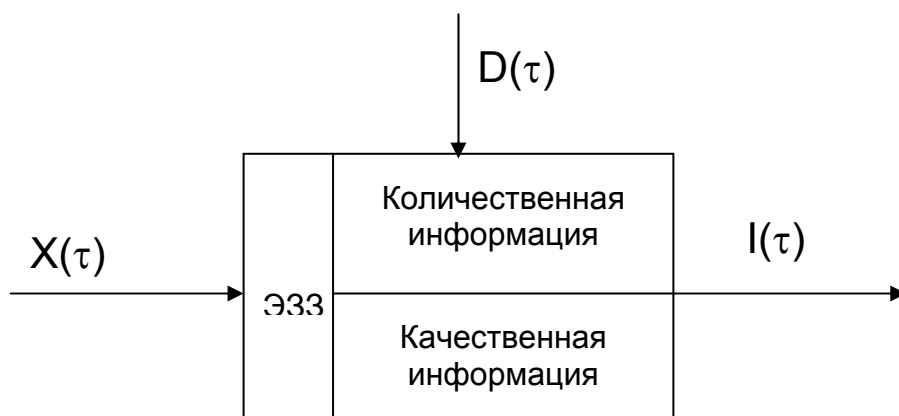


Рис. Представление экспертных знаний и заключений в виде информационной гранулы

В результате физическая постановка задачи измерения ЭЗЗ нечетким ме-

тодом состоит в следующем.

Информационная гранула ЭЗЗ, характеризующаяся входным $X(\tau)$ и выходным $I(\tau)$ сигналами, а также возмущающими воздействиями $D(\tau)$ и заданным соотношением количественной и качественной информации, заключенной в ней, представляется для диагностики в целях определения уровня качества ЭЗЗ.

Требуется установить необходимые параметры и порядок процесса диагностики указанной информационной гранулы.

При математической формулировке поставленной задачи использовали основные теоретические положения процесса диагностики сложных систем, что позволило представить ЭЗЗ в виде множества (кортежа):

$$\text{ЭЗЗ} = \langle T, X, I, Z, F, L \rangle, \quad (9)$$

где T – множество моментов времени; X, I – множества сигналов входной и выходной информации соответственно; Z – множество состояний ЭЗЗ; F – оператор переходов, который описывает изменение состояние ЭЗЗ под действием информационных возмущений; L – оператор выхода, который описывает формирование выходной информации при наличии входной.

Операторы F и L реализуют следующие отношения:

$$F: T \bullet X \bullet Z \rightarrow Z; \quad (10)$$

$$L: T \bullet X \bullet Z \rightarrow I. \quad (11)$$

Декартово произведение $T \bullet X \bullet Z$ описывает вид, форму ЭЗЗ в рассматриваемый момент времени, которые являются предметом договоренности экспертов, создавших ЭЗЗ.

Указанная формализация позволила описывать изменение ЭЗЗ, представляющих информационные гранулы, во времени (T) и пространстве состояний (Z) под действием входной информации (рис.).

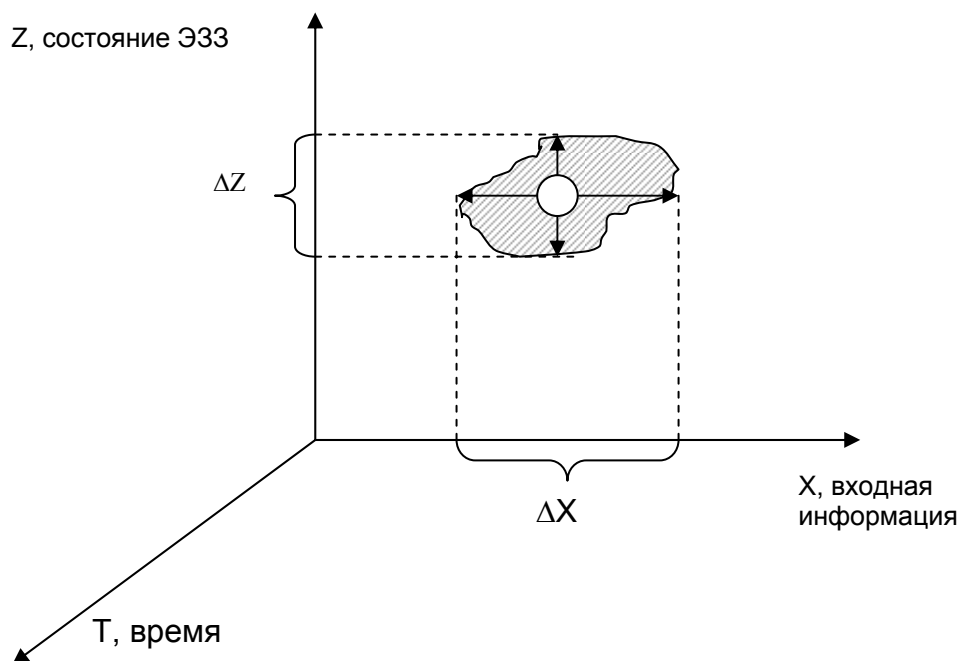


Рис. Изменение ЭЗЗ во времени под действием входной информации

Векторная форма представления ЭЗЗ, в свою очередь, дала возможность сформулировать задачу диагностики качества ЭЗЗ на основе известных понятий теории системного контроля сложных объектов.

Используя системный подход, указанную общую задачу разделили на следующие самостоятельные задачи согласно основным этапам процесса диагностики:

- решение задачи наблюдения входной информации;
- решение задачи классификации;
- решение задачи распознавания качества ЭЗЗ.

Процесс диагностики. Наблюдение. Большой удельный вес качественной информации, используемой обычно для формирования ЭЗЗ, вызывает определенную специфику формулировки и решения задачи наблюдения в процессе диагностики ЭЗЗ.

Необходимо произвести правильный выбор диагностируемых признаков, переменных, характеризующих уровень качества ЭЗЗ. Однако даже при правильном выборе произвести непосредственное измерение переменных состоя-

ния (Z) часто не представляется возможным, так как они в общем случае могут являться некоторыми абстрактными понятиями, физическая природа которых неизвестна.

Поэтому в данной работе обратим внимание на выходные переменные (I), обладающие конкретными метрологическими характеристиками, такими как относительная погрешность, коэффициент корреляции и т.п. В этом отношении выходные сигналы (I) более удобны для использования их в качестве признаков при диагностике ЭЗЗ, т.е. в качестве контролируемых и измеряемых признаков. Тогда на первом этапе определение качества ЭЗЗ практически осуществимо в пространстве выходных сигналов информационной гранулы ($I_j, j=1,2,\dots,n$), например, по данным теоретических и экспериментальных исследований технологических объектов (в числовой форме), качественного сравнения технологических ситуаций (в нечеткой форме).

С математической точки зрения это возможно только в том случае, если по результатам измерения выходных сигналов (I_j) при известных значениях входных сигналов (X_j) может быть затем получена оценка любой из переменных состояния (Z_j). Это, в данном случае, составляет решение задачи наблюдения ЭЗЗ, т.е. определение оператора.

Особый интерес представляет случай, когда ЭЗЗ вырабатываются параллельно с процессом, протекающим в технологическом объекте. В этом случае надежная наблюдаемость объекта и правильная выработка ЭЗЗ достигается соответствующим выбором в нем контрольных точек, в которых должен производиться съем и измерение выходных сигналов. Поэтому выбор контрольных точек в технологическом объекте является наиболее важным моментом при решении задачи наблюдения.

Вторым по значимости моментом является фильтрация входной информации, когда происходит отсев малонадежных измерений, формирующих информационную гранулу ЭЗЗ.

Обобщив вышеизложенное, можно представить процесс измерения информации в любой ее форме векторным уравнением

$$Y = A \bullet I + B \bullet D, \quad \text{где}$$

(12)

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} \quad n - \text{мерный вектор выходного сигнала нечеткого измерителя ЭЗЗ};$$

$$I = \begin{pmatrix} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{pmatrix} \quad n - \text{мерный вектор входного сигнала нечеткого измерителя ЭЗЗ};$$

$$D = \begin{pmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_k \end{pmatrix} \quad k - \text{мерный вектор помехи};$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} b_{11} & \dots & b_{1k} \\ \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} & \dots & b_{mk} \end{pmatrix};$$

A, B – матрицы коэффициентов измерительного преобразования ЭЗЗ размером $m \bullet n$ и $m \bullet k$ соответственно.

Векторное уравнение, представляющее математическую модель процесса измерения в многомерной системе, было затем применено при разработке нейронной модели диагностики ЭЗЗ.

Так, на основе метода нечетких измерений сформированы характеристики и найдены связи для нейронов входного слоя.

Вопрос оценки погрешности метода нечетких измерений решен на основе теории информации.

Информационный подход в данном случае состоял в применении единого эффективного значения ошибки измерения.

На основе идеи К. Шеннона о том, что исчерпывающей характеристикой погрешности измерения может служить только закон распределения ее вероятностей, предложено выразить этот закон в виде нечеткой функции, являющейся аналогом функции принадлежности, применяемой в теории нечетких множеств.

Описание функции распределения вероятности ошибок в виде нечеткого множества, учитывающей, таким образом, субъективный характер информации, содержащейся в информационных гранулах, взят за основу предложенного метода нечетких измерений.

Это позволило распространить действие векторного уравнения и на процесс измерения нечеткой информации, представляющий, таким образом, более общий случай по сравнению с обычным традиционным измерением.

Основные преимущества метода нечетких измерений, используемого в данном исследовании при определении качества ЭЗЗ, приведены на рис.

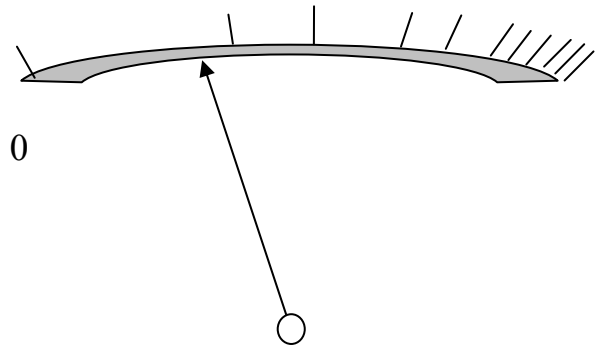
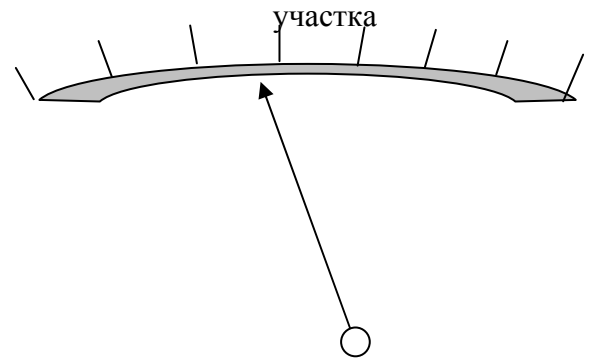
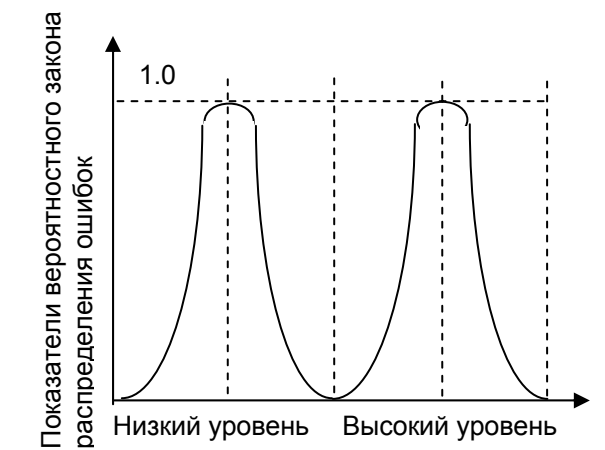
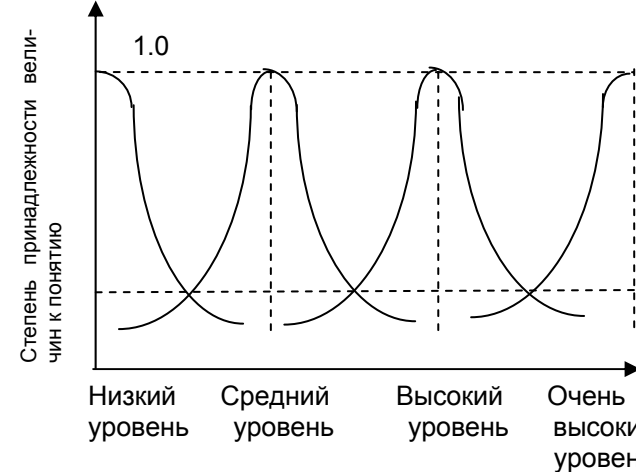
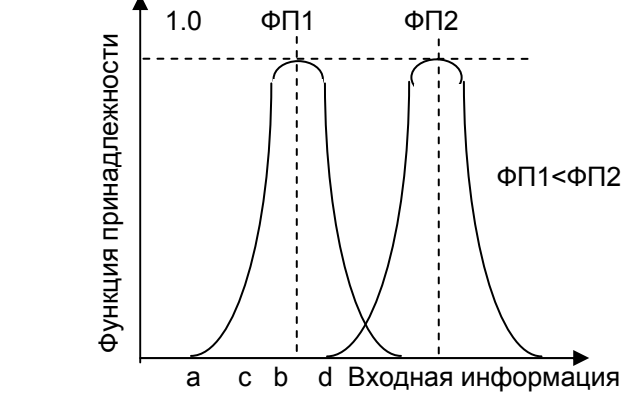
<p>Четкое измерение</p> <p>Нелинейная шкала с нерабочим участком</p>  <p>0</p>	<p>Нечеткое измерение</p> <p>Линейная шкала с отсутствием нерабочего участка</p> 
<p>Сильная неравномерность точности в пределах градаций (делений шкалы)</p>  <p>Показатели вероятностного закона распределения ошибок</p> <p>1.0</p> <p>Низкий уровень</p> <p>Высокий уровень</p>	<p>Проблема практически отсутствует</p>  <p>Степень принадлежности величин к понятию</p> <p>1.0</p> <p>Низкий уровень</p> <p>Средний уровень</p> <p>Высокий уровень</p> <p>Очень высокий уровень</p>
<p>Невозможно измерять качественную информацию</p>	<p>Измерение проводится путем сравнения нечетких функций</p>  <p>Функция принадлежности</p> <p>1.0</p> <p>ФП1</p> <p>ФП2</p> <p>ФП1 < ФП2</p> <p>а c b d</p> <p>Входная информация</p>

Рис. Преимущества метода нечетких измерений

Важным составным этапом практической реализации метода нечетких измерений является процесс фильтрации измерительной информации. В данном случае фильтрация заключалась в субъективной оценке степени достоверности исходных данных и знаний, назначении весовых коэффициентов дискретным элементам этих данных, отсеке ненадежной информации и приводила к уменьшению относительного влияния помехи D .

Процесс нечеткой фильтрации описали по аналогии с работой нерекурсивного дискретного (цифрового) фильтра, структура которого наиболее пригодна для обработки нечеткой информации.

В одномерном варианте работу нечеткого фильтра выразили уравнением

$$Y = I \bullet W(\omega), \quad (13)$$

где Y – отфильтрованный сигнал; $W(\omega)$ – частотная передаточная функция нечеткого фильтра; ω – угловая частота.

Параметры передаточной функции $W(\omega)$ рассчитываются по зависимостям, приведенным далее.

Классификация. Получение однозначного результата в методе нечетких измерений при его использовании для диагностики ЭЗЗ возможно только на основании результатов сопоставления всех переменных состояния (Z) или выходных сигналов (Y) с их эталонными значениями. Разработка эталонов для Y и Z представляла собой типовую задачу классификации, которая, в свою очередь, состояла из следующих подзадач:

- разбиение множества выходных сигналов Y на ряд непересекающихся классов и определение принадлежности каждого наблюдаемого сигнала к одному из классов;
- разбиение множества характеристик качества ЭЗЗ на классы и описание этого множества с помощью нечетких функций;
- учет конкретных условий получения и применения ЭЗЗ и требований к результатам их диагностики.

В выполненном исследовании применены следующие формально-

логические правила разработки классификационных систем:

- деление уровней качества ЭЗЗ и видов Y на классы должно производиться по одному основанию;
- подклассы должны исключать друг друга;
- при делении классов на подклассы и далее должна соблюдаться непрерывность, скачкообразные переходы недопустимы;
- для каждого предмета в классификационной схеме должен быть один и только один класс;
- классифицирующие термины должны располагаться в порядке постепенного перехода от частных к более общим и наоборот.

Текущие состояния объекта диагностики (в нашем случае информационной гранулы как формы представления ЭЗЗ) объединены общими свойствами, поэтому они находятся в состоянии эквивалентности (толерантности):

$$Q = Y \bullet Y. \quad (14)$$

Эти состояния объединили в подмножества и разделили на классы (Q) путем операции факторизации:

$$v: Y \rightarrow Y/Q \quad (15)$$

Аналогично произвели операцию классификации множества характеристик качества ЭЗЗ на уровни путем факторизации $E \rightarrow E/N$ и установили отображение между входным сигналом и этими уровнями в виде

$$\eta: Y \rightarrow E/N, \quad (16)$$

где E – уровни (классы) качества ЭЗЗ; N – количество классов.

Из уравнений (2.80) и (2.81) следует, что результаты классификации должны находиться в однозначном соответствии, что определяется условием

$$\eta: v \bullet \chi, \quad (17)$$

где $\chi: Y/Q \rightarrow E/N$ – операция отношения между классами.

Физически это означает, что всякому наблюдаемому классу состояния ЭЗЗ должен быть поставлен в соответствие единственный класс уровня их качества. Это сделало задачу диагностики ЭЗЗ обозримой для гранул любой ин-

формационной сложности и доступной для решения на основе экспериментальной информации, полученной в реальных условиях.

Процесс нахождения конкретного решения об истинном качестве ЭЗЗ, согласно установленному уровню качества, с учетом характеристик ошибок наблюдения, классификации и степени компетентности эксперта реализовали в виде отображения

$$\psi: E/N \rightarrow S. \quad (18)$$

В совокупности процесс диагностики ЭЗЗ представили обобщенной диаграммой (рис.).

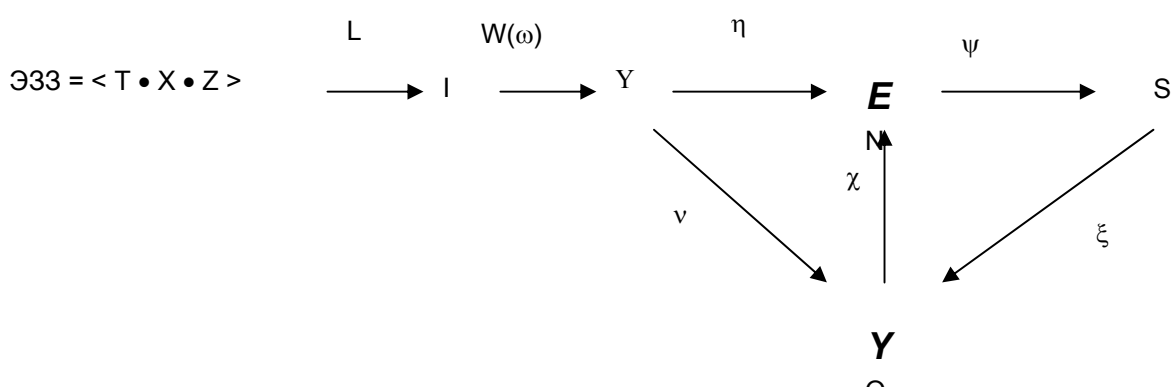


Рис. Диаграмма процесса диагностики ЭЗЗ

В данной диаграмме учтено, что классы (Y/Q) могут быть уточнены путем реализации отображения ξ. Данные классы позволяют оценивать такие трудно формализуемые факторы при измерении качественной информации, как:

- теоретические знания эксперта по рассматриваемому вопросу;
- его практический опыт (профессиональную подготовленность);
- логические способности;
- интуицию, инженерное чутье;
- особенности памяти и т.д.

В свою очередь для характеристики уровней качества ЭЗЗ предложили следующий классифицируемый список (для множества E):

- идентификация (ИДН);
- управление (стабилизация, прогноз) (УПР);

- оптимизация (ОПТ);
- оптимизация с риском (ОПР).

Класс «идентификация» (ИДН) объединяет следующие задачи, в которых возможно использовать ЭЗЗ:

- выделение сигнала на фоне шумовых помех, оптимальная фильтрация;
- обработка экспериментальных данных в целях установления вида закона распределения погрешностей;
- определение технического состояния технологических процессов, промышленных объектов и систем;
- статистический анализ при определении качества выпускаемой продукции.

Идентификация также применяется:

- для построения модели объекта в целях управления (критерий качества управления);
- при прогнозировании (критерий точности прогноза);
- при диагностике характеристик (критерий точности этих характеристик).

Анализ математического описания приведенных задач идентификации показал, что для их решения, с точки зрения процесса диагностики ЭЗЗ, необходимо обеспечить распознаваемость в информационном поле *не менее двух* информационных гранул (рис.).

Другими словами, к классу ИДН относятся ЭЗЗ с такими характеристиками, которые позволяют построить разделяющую (индикаторную) функцию, оценивающую их качество по шкале минимум с двумя градациями (позволяющую разделить ЭЗЗ на две информационных гранулы).

К классу «управление» (УПР) отнесли задачи, содержащие алгоритмы управления – совокупность правил приложения управляющих воздействий к исполнительным элементам объекта управления, обеспечивающих его функционирование в целях решения поставленной перед объектом задачи. При этом имеется в виду, что при управлении используется информация о положении установок и ограничений, заданных оператором управляющему устройству (ап-

риорная информация), и сигналов датчиков, вводимых обратными связями (текущая информация).

Решаемые при управлении задачи: управление состоянием и сменой состояний, программное управление, стабилизация по отклонению от неконтролируемых возмущений и т.д., в информационном плане требуют знания точной траектории объекта. Это предъявляет, по сравнению с классом ИДН, повышенные требования к ЭЗЗ, используемым при управлении сложными объектами и процессами. Так, например, необходимо дополнительно указывать, является ли зависимость траектории объекта, описываемая информационными гранулами, выпуклой (вогнутой) или монотонной (рис.).

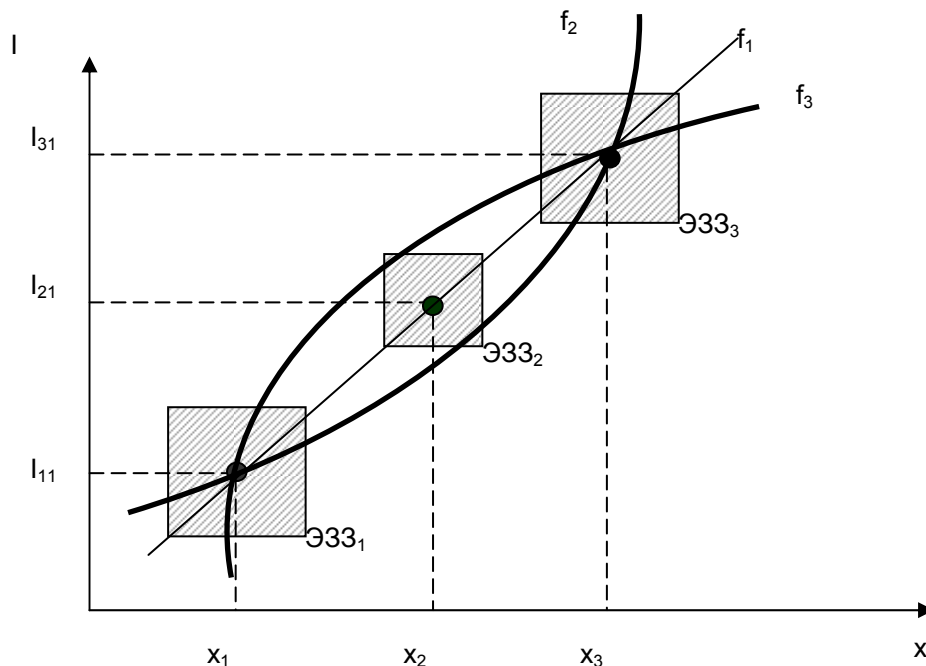


Рис. К определению классов ИДН и УПР

(ЭЗЗ₁, ЭЗЗ₂, ЭЗЗ₃ – информационные гранулы; f_1 , f_2 , f_3 – аппроксимирующие функции; $(x_1; I_{11})$, $(x_2; I_{21})$, $(x_3; I_{31})$ – координаты центров информационных гранул)

Характер аппроксимирующей функции можно установить, если воспользоваться соотношением

$$I_2 \geq I_1 + \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} (I_3 - I_1). \quad (19)$$

Отсюда следует, что для реализации управления объектом с помощью ЭЗЗ необходимо различать на информационном поле *как минимум три* информационные гранулы.

Аналогичные результаты имеют место при рассмотрении моделей прогнозирования. Осуществлять прогноз возможно также при различимости *не менее трех* состояний объекта во времени. Поэтому управление и прогноз технологических ситуаций объединены в один общий информационный класс «управление» (УПР).

Задачи, относящиеся к классу «оптимизация» (ОПТ), требуют, по сравнению с классами ИДН и УПР, большего объема исходной информации для своего решения. Например, для алгоритма нахождения оптимального значения ЭЗЗ в заданном множестве предложен вариант метода отсечений:

- задаются начальные границы x_1, x_4 целевой функции $I \rightarrow \max$ и интервал неопределенности $\Delta_1 = x_4 - x_1$ (рис.);
- производятся измерения I в двух дополнительных промежуточных точках x_2 и x_3 , и из них выбирается та, значение I в которой оказалось меньше (для поиска $\max(I)$);
- сокращается интервал неопределенности до $\Delta_2 = x_4 - x_2$ путем совмещения одной границы с границей предыдущего интервала Δ_1 , а другой – с выбранной точкой в предыдущем пункте, т.е. x_2 . Значение оставшейся точки x_3 лежит внутри нового интервала неопределенности Δ_2 .

Выполняется следующий шаг решения задачи оптимизации путем сужения интервалов неопределенности Δ_i .

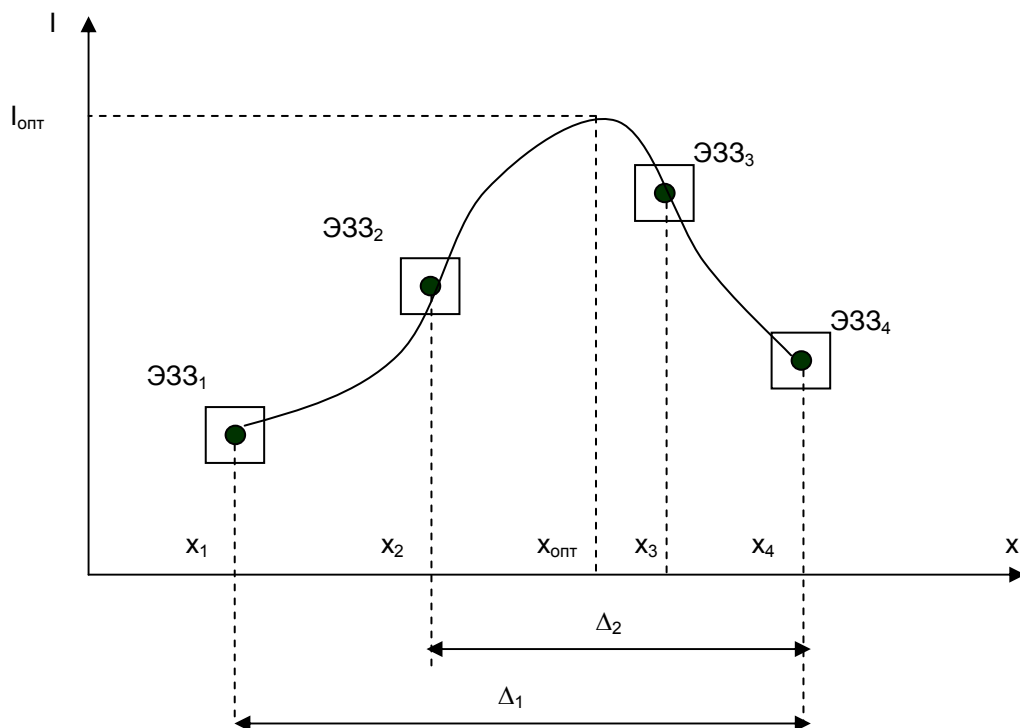


Рис. Сокращение интервала неопределенности для информационного класса ОПТ

Алгоритм выполняется до тех пор, пока точка стационарности $I_{\text{опт}}(x_{\text{опт}})$ целевой функции, являющаяся оптимальной точкой, не находится с заданной погрешностью.

Из вышеизложенного следует, что для решения задачи оптимизации (информационный класс ОПТ) необходимо различать координаты *не менее четырех* информационных гранул ЭЗЗ.

Учет риска при оптимизации сложных процессов на основе ЭЗЗ осуществляется следующим образом. Задаются критерии эффективности $KЭ_i$ процесса, рассчитываемые на основе ЭЗЗ. Затем строятся поверхности (кривые в двухмерном варианте) безразличия, для которых эффективности процесса (\mathcal{E}) в зависимости от выбранного сочетания $KЭ_i$ равны (рис.). Принимается, что риск представляет величину нереализованного эффекта от улучшения одного из критериев ($\Delta KЭ_1'$) при постоянстве другого. В предельном случае риск при оптимизации сложного процесса определяется по двум кривым безразличия, построенным по трем точкам каждая на основе ЭЗЗ с различными информационными классами (см. рис 2.43). Поэтому для реализации процедуры учета риска

необходимо для таких ЭЗЗ различать *не менее шести градаций* по шкале, оценивающей их качество путем нечеткого измерения. ЭЗЗ, обладающие данными характеристиками, отнесли к информационному классу «оптимизация с риском» (ОПР). Таким образом, описанные информационные классы, оценивающие уровень качества ЭЗЗ, связаны с необходимым и достаточным числом градаций различимости информационных гранул, находящихся в составе диагностируемых ЭЗЗ, следующим образом: ИДН – 2 градации; УПР – 3 градации; ОПТ – 4 градации; ОПР – 6 градаций.

Распознавание. Задача распознавания качества ЭЗЗ представляет собой заключительный этап описываемого процесса диагностики ЭЗЗ (рис.). Ее решение заключается в получении необходимой информации о принадлежности ЭЗЗ к классам, определяющим их уровень качества, т.е. реализации отображения (2.83). Количество классов качества ЭЗЗ рассматривается как число возможных решений эксперта при управлении сложным процессом или объектом и определялось при решении задачи классификации. В основе решения данной задачи лежат положения теории распознавания образов, и на основании рекомендаций работ составляет таблицу соответствия параметров ЭЗЗ терминам системы распознавания (табл.).

Таблица

Словарь аналогичных терминов

Термины системы распознавания	Параметры решаемой задачи
Объект распознавания	ЭЗЗ
Класс (кластер, таксон, образ)	Уровень качества ЭЗЗ
Алфавит классов	Множество уровней качества ЭЗЗ
Признак	Вектор компетентности
Словарь признаков	Множество характеристик вектора компетентности
Обучающая выборка	Набор информационных гранул
Решающее правило (решающие границы, разделяющая функция, разделяющая поверхность)	Функции принадлежности к заданным классам качества ЭЗЗ

Далее, на основе установленных соответствий в терминологии, решение задачи распознавания качества ЭЗЗ представляется следующим образом:

- 1) для заданного множества объектов (информационных гранул) $\mathcal{E}33 = \{\mathcal{E}33_1, \mathcal{E}33_2, \dots, \mathcal{E}33_Z\}$ и множества разбиения объектов на классы $A = \{A_1, A_2, \dots, A_r\}$ выбран вариант A_α , $\alpha = 1, 2, \dots, r$ разбиений множества $\mathcal{E}33$ на N_α классов:

$$\begin{aligned} A_\alpha : \mathcal{E}33_q^{A_\alpha} \cap \mathcal{E}33_g^{A_\alpha} &= O; \\ \bigcup_{i=1}^{N_\alpha} \mathcal{E}33_i^{A_\alpha} &= \mathcal{E}33, \end{aligned} \quad (20)$$

где $q, g = 1, \dots, N_\alpha$; $q \neq g$, O – пустое множество;

- 2) на основе исходной информации составлен априорный словарь признаков, описываемый вектором компетентности $VC_\alpha = \{VC_1, \dots, VC_{N_\alpha}\}$;
- 3) рассмотрен первый вариант разбиения объектов на классы ($\alpha = 1$), $A_\alpha = A_1$, при котором число классов $N_\alpha = N_1 = k+1$;
- 4) задана обучающая выборка с подразделением ее на множества – классы: $\mathcal{E}33_1^{A_1}, \mathcal{E}33_2^{A_1}, \dots, \mathcal{E}33_{N_1}^{A_1}$;
- 5) произведено описание классов с заданием функции принадлежности объекта соответствующему классу $\Phi(\mathcal{E}33_i^{A_1})$ в виде (х-р) модели;
- 6) введен критерий эффективности распознавания в виде функции

$$F = \frac{R^2(\mathcal{E}33_p, \mathcal{E}33_q)}{S(\mathcal{E}33_p) \cdot S(\mathcal{E}33_q)}, \quad (21)$$

который характеризует отношение расстояний между классами качества $\mathcal{E}33$ (Е) к разбросу объектов внутри класса. Смысл критерия в данном случае заключается в том, что чем компактнее в признаковом пространстве располагаются объекты каждого класса и чем больше при этом расстояние между классами, тем легче и точнее происходит распознавание качества $\mathcal{E}33$. В свою очередь произведен расчет величин R и S , которые, по существу, представляют собой среднеквадратические отклонения объектов внутри класса $[S(\mathcal{E}33_p)]$ и между классами $[R(\mathcal{E}33_p, \mathcal{E}33_q)]$.

Задача распознавания заключается в построении признакового пространства, т.е. определении рабочего словаря признаков вектора компетентности, который обеспечивает наибольшую эффективность распознавания $\mathcal{E}33$ при задан-

ных ограничениях на ресурсы.

Модель исполнителя как измерительной системы. ЭЗЗ формируются экспертами – квалифицированными специалистами-производственниками, а также научными работниками, выполнившими теоретические или экспериментальные исследования сложного процесса, и представляются в виде информационных гранул. Эксперт является носителем информации, и качество ЭЗЗ целиком зависит от его компетентности. Поэтому погрешность метода нечетких измерений качества ЭЗЗ определено путем подстановки эксперта в качестве своеобразной измерительной системы (рис.).

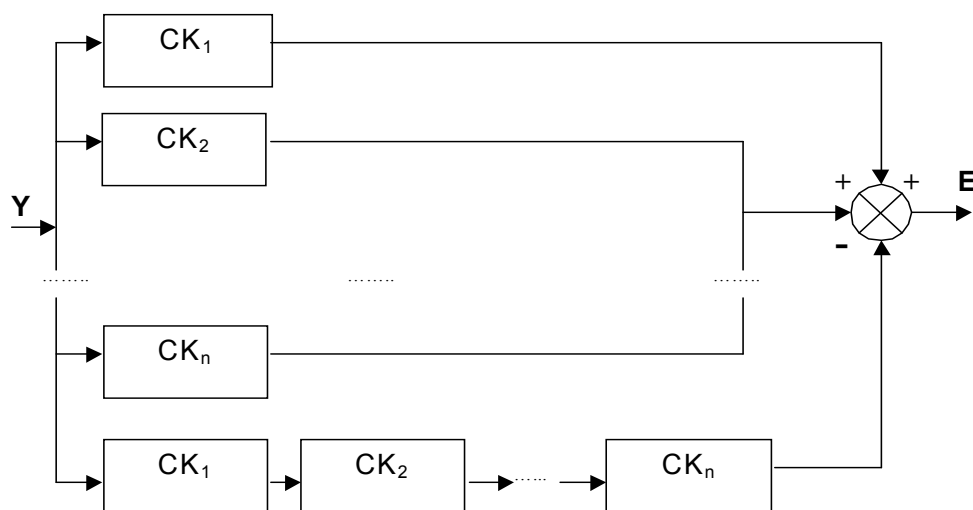


Рис. Функциональная схема математической модели эксперта как измерительной системы

Система состоит из функциональных звеньев с передаточными коэффициентами $CK_1, CK_2, \dots, CK_i, \dots, CK_n$, отражающими основные факторы, влияющие на степень компетентности (СК) эксперта и в конечном счете определяющие погрешность качества ЭЗЗ. Например, к таким факторам обычно относят:

- теоретические знания эксперта;
- практический опыт;
- особенности памяти;
- логические способности;
- «инженерное чутье», интуицию;
- ...;

- п. ... и т.п.

Число звеньев определяется степенью приближения математической модели к реальному эксперту в конкретно рассматриваемом случае, а характер их соединения соответствовал известным правилам работы экспертных систем, использующих методы обработки нечеткой информации и возможность компьютерной формализации мышления с помощью образов и понятий. Данный процесс выделения основных характеристик, влияющих на качество ЭЗЗ, рассматривается как операция факторизации множества входных сигналов Y , т.е. осуществлял отображение процесса диагностики ЭЗЗ.

Таким образом, рассматриваемая измерительная система применяется на этапе классификации по уровню качества диагностируемых ЭЗЗ, т.е. связывает выходной вектор E , представляющий множество классов ЭЗЗ, с входным вектором Y , представляющим множество текущих состояний ЭЗЗ. Формально эта связь описывается вектором компетентности (ВК) $VC (СК_1, СК_2, \dots, СК_i, СК_n, T)$ эксперта. В текущий момент времени значения $СК_i$ находятся на основе представления передаточных коэффициентов измерительной системы в виде функции распределения соответствующего фактора степени компетентности. Таким образом, проекции ВК на временную ось представляют собой частный случай реализации известного понятия функции компетентности для соответствующей предметной области в определенные моменты времени.

Обобщенная характеристика ВК определяется на основе композиций законов распределения рассматриваемых факторов. Эта композиция выражается путем последовательного применения операции свертки (*) к функциям распределения соответствующих факторов:

$$f_{\Sigma_2} = f_1 * f_2; \quad f_{\Sigma_3} = f_{\Sigma_2} * f_3; \quad f_{\Sigma_4} = f_{\Sigma_3} * f_4. \quad (22)$$

В общем виде: $f_{\Sigma_n} = f_{\Sigma_{n-1}} * f_n$,

где n – число составляющих ВК.

Определение видов законов распределения погрешностей (f_1, f_2, \dots, f_n) факторов $СК_i$ применительно к конкретной задаче проводится на основе эври-

стического подхода.

Для оценки нечеткого, качественного определения характеристик эксперта на основе аппарата теории нечетких множеств введена лингвистическая переменную LV «Уровень компетентности», значения которой определяется следующими нечеткими понятиями, нашедшими практическое подтверждение:

- недостаточный;
- достаточный;
- удовлетворительный;
- хороший;
- очень хороший;
- отличный,

которые представлены в виде кортежа:

$$LV = \langle \text{НД, Д, УД, ХОР, О.Х., ОТЛ} \rangle. \quad (23)$$

Расчет оптимального количества значений лингвистической переменной (шесть) проводится по известным формулам Кендалла, Брукса и Каррузера, которые определяют оптимальное число градаций шкалы измерений нечеткого множества через количество наблюдаемых входных сигналов. Кроме того, фиксированное число заданных значений указанной лингвистической переменной позволяет в дальнейшем четко интерпретировать решения нейронной модели диагностики ЭЗЗ.

Таким образом, универсальное множество всех возможных значений входного сигнала Y , выражаемое интервалом $[0,1]$ и имеющее физический смысл коэффициента корреляции входного сигнала к кортежу значений LV, разбито на шесть нечетких подмножеств. Функции принадлежности нечетких множеств, определяемых кортежем значений, представлены в виде композиций функций распределения погрешностей соответствующих факторов ВК.

При определении граничных значений данных множеств (опорных точек лингвистической переменной LV) использованы рекомендуемые значения

класса точности из нормированного ряда чисел по ГОСТ 8.401 – 80². Эти значения использованы для расчета относительной погрешности экспертного оценивания ($\gamma_{\text{э}}$) и граничной величины коэффициента корреляции, соответствующей опорной точке LV ($\rho_{\text{э}}$), с помощью следующих зависимостей:

$$\gamma_{\text{э}} = \gamma_0 \cdot \frac{X_B}{X};$$

$$\rho_{\text{э}} = \sqrt{1 - 3 \cdot \gamma_{\text{э}}^2},$$
(24)

где γ_0 – класс точности предложенной измерительной системы; X_B – предел измерений системы; X – отсчет измеряемой, соответствующей опорной точке лингвистической переменной LV.

Для рассматриваемой измерительной системы соотношение X_B/X – передаточный коэффициент между шкалами классов точности и относительной погрешности экспертных измерений – является постоянной величиной, равной 8,7. Граничные значения опорных точек лингвистической переменной «Уровень компетентности» представлены в виде табл.

Таблица

Определение граничных значений LV

Нечеткое понятие, характеризующее уровень компетентности (значение LV)	Значение класса точности измерительной системы	Относительная погрешность экспертного оценивания $\gamma_{\text{э}}$, %	Граничное значение коэффициента корреляции $\rho_{\text{э}}$
Недостаточный (НД)	-	50,0	0
Достаточный (Д)	40	35,0	0,707
Удовлетворительный (УД)	30	26,3	0,891
Хороший (ХОР)	20	17,5	0,953
Очень хороший (О.Х.)	15	13,1	0,974
Отличный	10	8,7	0,988

Границы нечетких множеств, соответствующих кортежу значений LV, определены в виде следующих интервалов:

$$\text{НД: } (0.000, 0.707); \text{ Д: } (0.707, 0.891); \text{ УД: } (0.891, 0.953);$$
(25)

² $1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2,5 \cdot 10^n$; $3 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$ ($n = 1, 0, -1, -2$ и т.д.).

XOP: (0.953, 0.974); O.X.: (0.974, 0.988); ОТЛ: (0.988, 1.000).

Центры распределения ФП, рассматриваемые как аналоги математического ожидания соответствующих указанному кортежу значений LV, композиций функций распределения погрешностей характеристик ВК, представлены как средние значения интервалов (2.90). Далее, на основании правила «трех сигм», определены значения среднеквадратических отклонений (с.к.о) данных функций распределения и построили соответствующие функции принадлежности

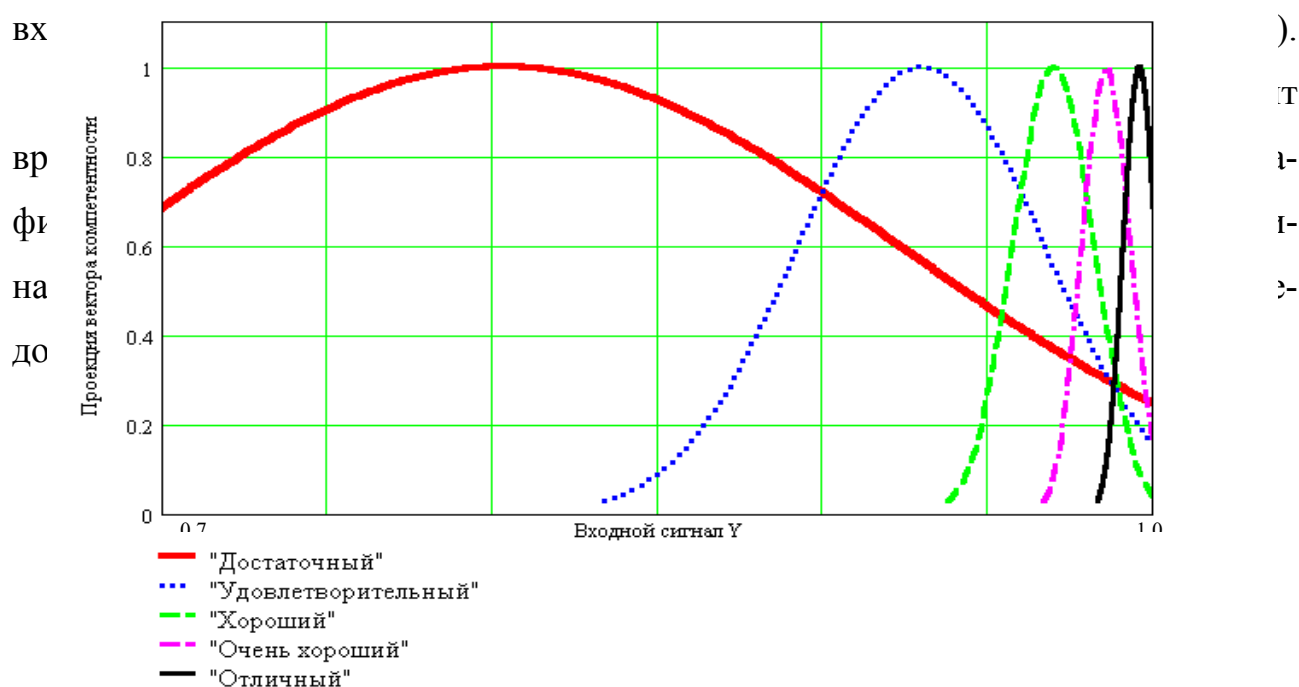


Рис. Пример представления функций принадлежности входного сигнала

Применение указанного нечеткого подхода позволяет определить значения относительной погрешности экспертных измерений для соответствующих временных интервалов реализации ВК, а также представить выходную информацию рассматриваемой измерительной системы в виде, удобном для определения качества ЭЗЗ.

Нейронные сети. *Нейронная сеть (НС)*, в случае искусственных нейронов называемая искусственной нейронной сетью (ИНС) или смоделированной нейронной сетью (СНС), является взаимосвязанной группой естественных или

искусственных нейронов, которая использует математические и вычислительные модели для обработки информации на основе коннективистского подхода к вычислению. В большинстве случаев ИНС является адаптивной системой, которая изменяет свою структуру под влиянием внешней или внутренней информации, которая течет через сеть. С практической точки зрения нейронные сети являются нелинейными статистическими системами моделирования данных или системами принятия решений. Они могут быть использованы для моделирования сложных отношений между входными и выходными данными или для нахождения закономерностей в данных. Ощутимый эффект от применения искусственных нейронных сетей возникает при решении очень сложных задач высокой и сверхвысокой размерности.

Нейронная модель диагностики экспертных знаний и заключений (НМ диагностики ЭЗЗ). Практическое использование нейросетей предполагает наличие двух уровней их реализации: инструментального – обеспечивающего этапы выбора структуры, проектирования и исследования НС, и прикладного – позволяющего осуществить процесс программной реализации НС. Одной из основных характеристик *нейронной модели диагностики ЭЗЗ* является обеспечение принципа модульности, т.е. декомпозиции задачи диагностики ЭЗЗ в ряд более простых, последовательно решаемых, подзадач. Другим основополагающим принципом проектирования НС является обеспечение распределенной обработки информации. НМ диагностики ЭЗЗ в виде НС прямого распространения целиком удовлетворяет данным принципам, однако при практическом применении подобных селективных структур необходимо обеспечение реализации ряда их свойств, в состав которых обычно включают:

- *врожденность*; это свойство предполагает, что селективная структура обеспечивает более одного способа удовлетворительного распознавания данного входного сигнала;
- *избыточность*; это свойство предполагает наличие повторяющихся нейронных групп одинакового строения, т.е. работающих с одной и той же системой признаков;

- *дистрибутивность*; в селективной структуре нет никакой необходимости в том, чтобы выбранные изофункциональные группы были смежными, напротив рецепторные поля должны принимать некоторое общее положение в пространстве признаков для того, чтобы обеспечить распределенную обработку и надежность функционирования при локальных повреждениях.

В основе практической реализации НМ диагностики ЭЗЗ в качестве НС прямого распространения лежат следующие положения. Реализуя принцип модульности, определена в качестве структурно-образующего элемента НС группа нейронов, имеющих общее рецепторное поле. Данное представление соответствует и принципу дистрибутивности селективной структуры. Эту группу принято называть нейронным ядром. В НМ диагностики ЭЗЗ в качестве такого ядра представлено объединение каждого нейрона II слоя с соответствующими ему шестью нейронами III слоя НС, где видно, что рецепторные поля данных нейронных ядер не пересекаются. Это означает, что каждое нейронное ядро моделирует свойство избыточности селективной структуры, а все множество рассматриваемых ядер моделирует свойство вырожденности.

Структура НМ диагностики ЭЗЗ, представленная в качестве НС прямого распространения с элементами ядерной организации (что предполагает целенаправленное ограничение связей между нейронными ядрами) имеет ряд качеств, имеющих важное практическое значение:

- модульность структуры, которая позволяет выполнить декомпозицию сложной задачи в ряд более простых подзадач;
- возможность оптимизации структуры под конкретную задачу;
- сокращенное число весовых коэффициентов синапсов, что позволяет существенно увеличить вычислительную эффективность и использовать данный класс нейронных сетей для обработки данных в системах реального времени на обычных ПК.

Выделение нейронных ядер в качестве элементов, определяющих структуру нейронной модели диагностики ЭЗЗ, позволяет существенно упростить

практическую реализацию предложенной модели, т.е. реализовать декомпозицию процесса диагностики ЭЗЗ в ряд последовательно решаемых подзадач – наблюдения, классификации и распознавания качества ЭЗЗ. Причем решение каждой подзадачи возложено на соответствующие структурно-образующие элементы НС. Структурная схема процесса диагностики, в соответствии с введенными ранее обозначениями, представлена на рис.

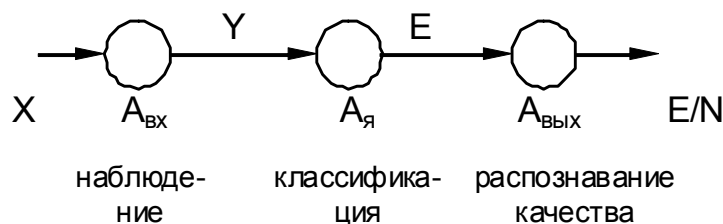


Рис. Структурная схема процесса диагностики ЭЗЗ на основе нейронной модели:
 $A_{вх}$ – множество нейронов входного слоя НС; $A_{я}$ – множество нейронных ядер;
 $A_{вых}$ – множество нейронов выходного слоя

Все структурно-образующие элементы НС работают поочередно, но образуют конвейер, в котором освободившиеся элементы могут переходить к новому вектору данных. Поэтому при последовательном поступлении данных время обработки пропорционально числу нейронов, но производительность (количество обработанных векторов данных в единицу времени) определяется временем срабатывания соответствующего нейрона и не зависела от их числа. Данное представление позволяет при практической реализации НС воспользоваться парадигмами объектно-ориентированного (ОО) программирования, которое позволяет:

- создать гибкую, легко перестраиваемую иерархию моделей НС;
- конструировать НС простым пользователям за счет прозрачности для программиста;
- расширить возможности НС в перспективе, за счет роста уровня абстрактности ОО программирования.

ОО подход применен при практической реализации вышеописанной нейронной модели путем выделения трех абстрактных ОО классов, описывающих

соответственно нейроны входного слоя, нейронные ядра и нейроны выходного слоя. В результате наращивание элементов НС на этапе проектирования и настройки на условия конкретной ситуации происходит путем создания экземпляров объектов соответствующих классов. Результатом проектирования является нейронная сеть, настроенная на условия конкретно решаемой задачи с программным интерфейсом, соответствующим модели многокомпонентных объектов (COM). Это означает, что каждый структурно-образующий элемент НС ($A_{вх}$, $A_{я}$, $A_{вых}$) реализован в виде соответствующего Active-X элемента. Данное представление НС позволяет осуществить практическую реализацию процесса диагностики ЭЗЗ в виде трех основных компонентов, отвечающих за решение указанных подзадач. Кроме того, применение технологии межзадачного взаимодействия COM дает ряд важных преимуществ, в частности:

- гибкость и взаимозаменяемость элементов как в процессе разработки, так и во время эксплуатации;
- независимость реализации от языка программирования;
- полное соответствие существующим моделям объектно-ориентированного программирования.

Реализация описанной НС на основе COM-технологии позволяет легко встраивать данный интеллектуальный модуль в любое приложение Microsoft Office, включая электронные таблицы EXCEL, базы данных ACCESS, редактор WORD и пр. В равной степени интеллектуальный модуль может быть встроен в любой проект пользователя, реализованный на языках VISUAL C++, BORLAND C++, VISUAL BASIC, JAVA. Интеллектуальные модули с НС могут быть встроены в Web страницу INTERNET или использоваться в этой сети для построения гибких систем. В корпоративных сетях COM-технология НС позволяет реализовать распределенную обработку ЭЗЗ. Разработанный программный продукт может быть также использован как средство лабораторного практикума в соответствующих учебных курсах.

Особенности программной реализации определения вектора компетентности. Как было показано ранее, значение вектора компетентности VC (CK_1 ,

$СК_2, СК_3, \dots, СК_n, T$) в текущий момент времени определяется на основе оценки личностных характеристик эксперта, к которым относят профессиональный опыт, теоретическую подготовленность, интуицию, логические способности, особенности памяти и т.п. Таким образом, вектор компетентности (ВК) в текущий момент времени представляет собой агрегированную, обобщенную величину, объединяющую оценки вышеперечисленных характеристик эксперта. Составляющие ВК определяются с помощью методов, наиболее подходящих для оценки той или иной личностной характеристики эксперта.

Так, например, профессиональный опыт эксперта оценивается по результатам апостериорных данных о протекании производственного процесса, в котором тот принимал непосредственное участие. Общеизвестно, что в идеальном случае, при соблюдении условий центральной предельной теоремы (взаимонезависимость или слабая зависимость факторов, влияющих на протекание процесса) распределение погрешностей любого производственного процесса происходит по закону, близкому к нормальному распределению (закону Гаусса). В то же время участие производственного персонала в процессе принятия решений по управлению производственным процессом существенно изменяет закон распределения погрешностей данного процесса в силу привнесения субъективной (качественной) составляющей, свойственной человеческой деятельности.

Следовательно, сравнение апостериорных данных о реальных погрешностях производственного процесса с нормальным законом распределения позволяет выявить оценку субъективной составляющей экспертного вмешательства в данный процесс и, таким образом, оценить производственный опыт эксперта. Поэтому построена зависимость между реальными производственными данными, распределенными по произвольному закону, и нормальным распределением, свойственным протеканию идеального процесса. Полученный коэффициент корреляции интерпретируется как входное значение функции принадлежности рассматриваемой характеристики к нечетким множествам, определяемым кортежем лингвистической переменной LV.

Для определения теоретической подготовленности эксперта, логических способностей, особенностей памяти и т.п. используются методы психологической диагностики. Известно, что психологическая диагностика изучает способы распознавания и измерения индивидуально-психологических особенностей человека (свойств его личности и особенностей интеллекта). Поэтому распознавание и измерение этих компонентов осуществляется с помощью методов психодиагностики.

Для оценки вышеупомянутых личностных характеристик эксперта применена обобщенная схема (рис.).

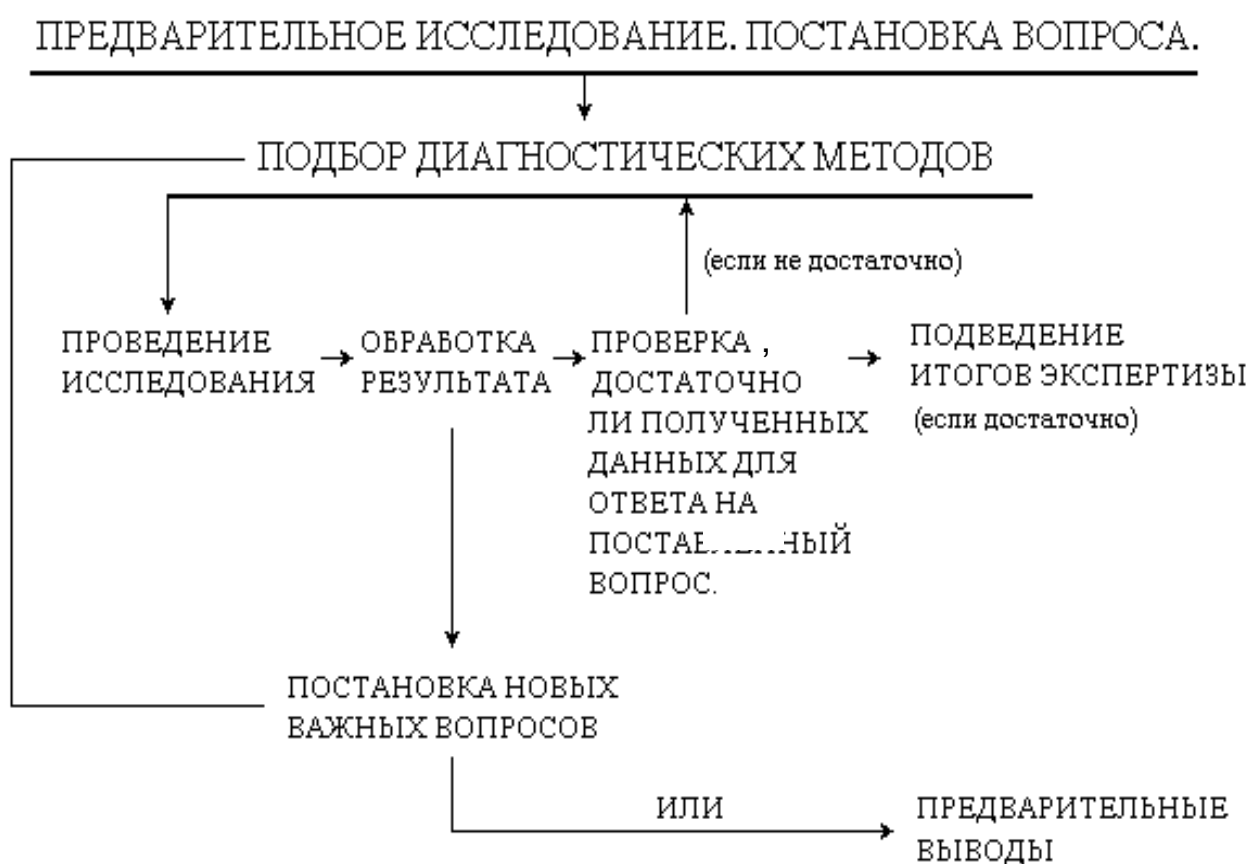


Рис. Обобщенная диаграмма процесса тестирования

Выбор методики тестирования для той или иной личностной характеристики эксперта зависит от предметной области рассматриваемой задачи.

В частности, при диагностировании теоретической подготовленности экспертов, принимающих участие в доменном производстве, использовались вербальные стандартизированные стимулы с ответами типа «выбор».

Данное формализованное описание психодиагностических методик и возможность выбора подходящей, заложенная в программной реализации процедуры тестирования, позволяет произвести оценку той или иной личностной характеристики эксперта посредством наиболее подходящего метода с учетом поставленной цели. Глубокое исследование данных методов осуществлено ранее в многочисленных публикациях по теории тестирования (тестологии) и психологии.

Получаемые оценки личностных характеристик эксперта приводятся к единой шкале (принимая значения из интервала $[0,1]$), а в физическом смысле соответствуют коэффициентам корреляции и используются в качестве весовых коэффициентов НС.

Другие достоинства описываемой системы тестирования:

- гибкий механизм тестирования: в процессе обследования осуществлялся мониторинг текущих данных и корректировка последовательности заданий;
- возможность подключения внешних программ для работы в единой системе совместно с предлагаемыми методиками. В частности, для оценки соответствующей личностной характеристики эксперта использовались такие примеры представительных психодиагностических методик, как классические тесты Люшера, Айзенка, Кэттэла, ММРІ, Осгуда, шкала самооценки Спилберга-Ханина, а также их лучшие отечественные адаптированные варианты, оригинальные психобиографические методы и т.п.;
- удобный интерфейс для разработки и настройки собственных тестов: создания и корректировки вопросов, ответов и шкал, условий и текстов интерпретации;

- справочный режим, позволяющий избежать объемных инструкций и работать с системой слабо подготовленному пользователю;
- предоставление всей требуемой информации в удобном для восприятия виде (графики, диаграммы и т.д.). По желанию пользователь мог получить количественные характеристики тех или иных показателей.

Описываемая система тестирования позволяет оценить вышеупомянутые характеристики эксперта посредством применения наиболее подходящей психодиагностической методики.

Как показано ранее, одним из важных этапов оптимальной оценки личностных характеристик эксперта является использование *адаптивных алгоритмов* и *процедур прогнозирования*. Использование указанных алгоритмов позволяет учитывать такие свойства человеческого мышления, как интуиция и способность обучаться предсказанию.

Основной информацией для прогноза являлся отдельный временной ряд. При краткосрочных прогнозах наиболее важными были последние реализации исследуемого процесса. Тенденция его развития, сложившаяся в среднем на всем периоде предыстории, имеет существенно меньшее значение. Для повышения качества прогнозов необходимо постоянно сопоставлять прогнозные оценки с фактическими данными.

Кроме того, необходимо предоставлять эксперту информацию, определяющую параметры и предысторию других величин, коррелированных с основным прогнозируемым фактором.

Схема алгоритма определения указанных характеристик эксперта, реализующего принципы адаптивного прогнозирования, представлена на рис.

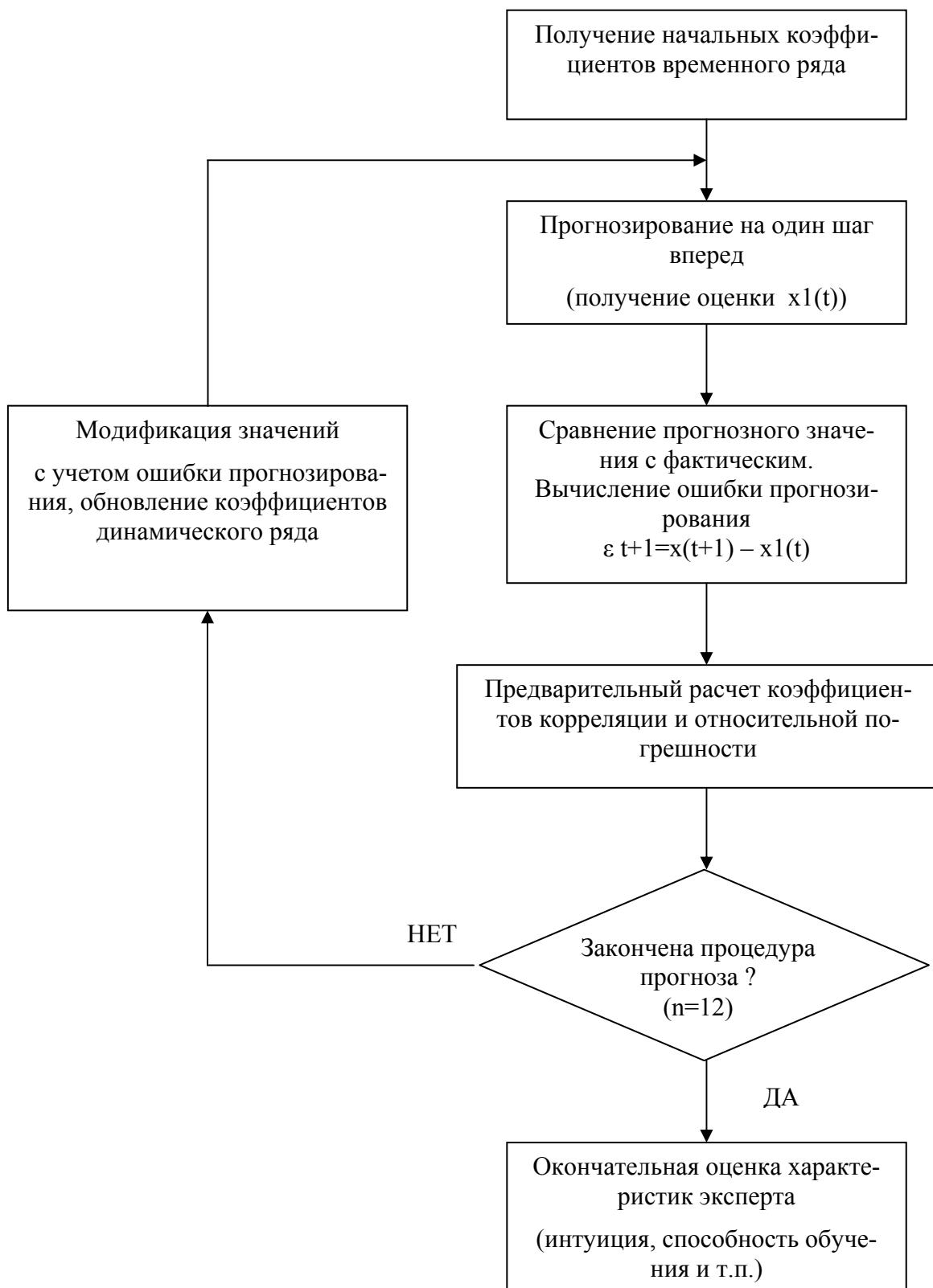


Рис. Общая схема алгоритма, реализующего принципы адаптивного прогнозирования

Ниже дано описание особенностей программной реализации представленной процедуры прогноза, предлагаемой эксперту.

На первом шаге происходит настройка начальных условий прогноза, которая включает в себя выбор прогнозируемого фактора, определение границ временного окна для динамического ряда и т.п. Кроме того, система предлагает эксперту указать параметры производственного процесса, которые, по его мнению, наиболее тесно коррелируют с выбранным фактором. Эксперт анализирует информацию по предыстории протекания технологического процесса и выдает значение для прогнозируемого фактора. Система анализирует результаты прогноза и производит расчет ошибки прогнозирования, а также предварительных значений коэффициентов корреляции и относительной погрешности. Затем эксперту предлагается выполнить прогноз на следующий момент времени. Процесс продолжается до исчерпания фактических уровней ряда (в нашем случае в качестве оптимального количества членов динамического ряда для процедуры краткосрочного прогноза принято значение, равное 12 ($n=12$)). Эксперту предоставляется возможность в любой момент времени сравнить прогнозируемые им значения с фактическими данными, получить информацию об изменении коррелируемых параметров и, исходя из этого, скорректировать значение производственного фактора на следующем шаге процедуры прогноза. Вся требуемая информация выводится на экран монитора ПЭВМ в удобном для восприятия виде (графики, диаграммы и т.д.). По желанию эксперт может получить количественные характеристики тех или иных показателей в любой момент времени. Процесс окончательного выбора прогнозируемого значения решается каждым экспертом персонально. Получение общей оценки анализируемых характеристик эксперта состоит в нахождении такого значения, которое обеспечивало бы отражение тенденции процесса прогнозирования при одновременной фильтрации случайных отклонений от нее.

Определение составляющих вектора компетентности реализовано с помощью методов, наиболее подходящих для оценки той или иной личностной характеристики эксперта. Описанная система предоставляет следующие воз-

возможности выбора методов определения составляющих ВК: анализ апостериорных данных о протекании производственного процесса, выбор соответствующей психодиагностической методики тестирования, использование адаптивных алгоритмов и процедур прогнозирования и т.п.

Моделирование предметной области при проектировании ИС

В основе моделирования лежит *теория подобия*, которая утверждает, что абсолютное подобие может иметь место лишь при замене одного объекта другим, точно таким же. При этом при моделировании абсолютное подобие не имеет места, необходимо лишь, чтобы модель адекватно отображала исследуемую сторону функционирования объекта. *Модель* при исследовании системы управления – это упрощенное представление объекта, которое должно отвечать требованиям полноты, адаптивности и обеспечивать возможность включения достаточно широких изменений.

При моделировании предметной области выделяют (с точки зрения учета временного фактора) *статические* и *динамические* модели.

Статические модели описывают содержательную сторону системы. Они могут быть *функциональными*, т.е. описывать принципы функционирования системы и *информационными*, т.е. описывать состояние информации, на основе которой функционирует система.

Динамические модели отражают поведение системы во времени, вплоть до учета факторов ее развития.

Существует и другая классификация моделей предметных областей: *морфогенеза (структуры), поведения, управления, развития и др.*

К моделям предметных областей предъявляются следующие *требования*:

- формализация, обеспечивающая однозначное описание структуры предметной области;

- понятность для заказчиков и разработчиков на основе применения графических средств отображения модели;
- реализуемость, подразумевающая наличие средств физической реализации модели предметной области в ИС;
- обеспечение оценки эффективности реализации модели предметной области на основе определенных методов и вычисляемых показателей.

Для реализации перечисленных требований, как правило, строится *система моделей*, которая отражает *структурный и оценочный аспекты* функционирования предметной области.

Структурный аспект предполагает построение:

- 1) *информационной структуры*, отражающей состав взаимодействующих в процессах материальных и информационных объектов предметной области;
- 2) *функциональной структуры*, отражающей взаимосвязь функций (действий) по преобразованию объектов в процессах;
- 3) *организационной структуры*, отражающей взаимодействие организационных единиц предприятия и персонала в процессах;
- 4) *технической структуры*, описывающей топологию расположения и способы коммуникации комплекса технических средств.
- 5) структуры управления, отражающей события и бизнес-правила, которые воздействуют на выполнение процессов.

Для отображения структурного аспекта моделей предметных областей в основном используются *графические методы*, как наиболее емкий способ представления информации о системе. Главное требование к графическим методам документирования – простота.

С моделированием связана проблема выбора *языка моделирования*. Язык моделирования – это нотация, в основном графическая, которая используется для описания проектов. Нотация представляет собой совокупность графических объектов, используемых в модели и является синтаксисом языка моделирова-

ния. Язык моделирования, с одной стороны, должен делать решения проектировщиков понятными пользователю, с другой стороны, предоставлять проектировщикам средства формализованного и однозначного представления проекта, подлежащего дальнейшей программной реализации.

Оценочные аспекты моделирования предметной области связаны с разрабатываемыми показателями эффективности автоматизируемых процессов, которые включают также косвенные показатели эффективности, такие, как объемы производства, производительность труда, оборачиваемость капитала, рентабельность и т.д.

Для расчета показателей эффективности, как правило, используются *статические* методы *функционально-стоимостного анализа* (ABC) и *динамические* методы *имитационного моделирования*.

Моделирование процессов, как правило, выполняется с помощью CASE-средств. К таким средствам относятся *BPwin* (PLATINUM technology), *Silverrun* (*Silverrun technology*), *Oracle Designer* (Oracle), *Rational Rose* (Rational Software) и др.

BPwin поддерживает три методологии моделирования: функциональное моделирование (IDEF0); моделирование рабочих потоков (IDEF3); диаграммы потоков данных (DFD).

Моделирование ИС

Стадии моделирования ИС

Моделирование состоит из двух стадий: *анализа* и *синтеза*.

При **анализе** необходимо определить и исследовать неизвестные характеристики объекта. Этапы анализа:

- 1) построение модели объекта, наиболее подходящей с позиции получения требуемых функций;

- 2) написание программ оценки характеристик модели;
- 3) определение характеристик объекта по модели с помощью программ оценки.

При **синтезе** задают требуемые характеристики объекта и строят модель, которая обеспечивает заданные характеристики. Если задачей является изменение структуры или параметров в лучшую сторону, то синтез называется *оптимизацией*, соответственно структурной или параметрической. Этапы синтеза:

- 1) создание исследовательской модели;
- 2) анализ этой модели и определение ее функций;
- 3) сравнение полученных результатов с заданными требованиями. Если результаты и требования не совпадают, то необходимо синтезировать сначала, т.е. процесс синтеза является *итерационным*.

Например, проектирование ИС делится на *внешнее (макропроектирование)* и *внутреннее (микропроектирование)*.

При использовании методов моделирования на каждой стадии осуществляется и анализ, и синтез.

При **макропроектировании** ИС на стадии *анализа* изучают *объект управления* и строят обобщенную модель объекта управления для оценки его характеристик и воздействий внешней среды, определяют критерии оценки эффективности, имеющиеся ресурсы, необходимые ограничения. На этапе *синтеза* на основе модели объекта управления выбирают эффективную стратегию управления.

При **микропроектировании** ИС на этапе *анализа* разрабатывают модели информационного, математического, технического обеспечений подсистем ИС, при *синтезе* – по характеристикам моделей подсистем выбирают наиболее эффективные по управлению с учетом заданных требований.

Проблематика моделирования ИС

При моделировании учитывают следующие **характеристики моделей**:

1. **Цель функционирования** определяется степенью целенаправленности поведения модели M . Модели могут быть разделены на одноцелевые, предназначенные для решения одной задачи, и многоцелевые, позволяющие разрешить или рассмотреть ряд сторон функционирования реального объекта.
2. **Сложность** оценивается по общему числу элементов в системе и связей между ними. В качестве элементов можно выделить уровни иерархии, отдельные функциональные подсистемы в модели M , входы и выходы и т.д.
3. **Целостность** указывает на то, что создаваемая модель M является одной целостной системой $S(M)$, включает в себя большое количество составных частей (элементов), находящихся в сложной взаимосвязи друг с другом.
4. **Неопределенность** проявляется в системе: по состоянию системы, возможности достижения поставленной цели, методам решения задач, достоверности исходной информации и т.д. Основной характеристикой неопределенности служит мера информации – энтропия, позволяющая в ряде случаев оценить количество управляющей информации, необходимой для достижения заданного состояния системы. При моделировании основная задача – получение требуемого соответствия модели реальному объекту, и в этом смысле количество управляющей информации в модели можно также оценить с помощью энтропии и найти то предельное минимальное количество, которое необходимо для получения требуемого результата с заданной достоверностью.
5. **Поведение** системы позволяет оценить эффективность достижения системой поставленной цели. В зависимости от наличия случайных воздействий можно различать детерминированные и стохастические системы, по своему поведению – непрерывные, дискретные и т.д. Поведение системы S позволяет применительно к модели M оценить эффективность построенной модели, а также точность и достоверность полученных при

этом результатов. Очевидно, что поведение модели M не обязательно совпадает с поведением реального объекта, причем часто моделирование может быть реализовано на базе иного материального носителя.

6. **Адаптивность** – способность приспособиться к различным внешним возмущающим факторам в широком диапазоне изменения воздействий внешней среды, а также изучение поведения модели в изменяющихся условиях, близких к реальным. Существенным может оказаться вопрос устойчивости модели к различным возмущающим воздействиям.
7. **Организационная структура** системы моделирования как комплекс технических средств, информационного, математического и программного обеспечения системы моделирования позволяет оптимизировать время моделирования и точность получаемых результатов.
8. **Управляемость** модели со стороны экспериментаторов для получения возможности рассмотрения протекания процесса в различных условиях, имитирующих реальные. Наличие многих управляемых параметров и переменных модели в реализованной системе моделирования дает возможность поставить широкий эксперимент и получить обширный спектр результатов.
9. **Возможность развития** модели позволяет создавать мощные системы моделирования для исследования многих сторон функционирования реального объекта.

Любую модель строят в зависимости от цели, которую ставит перед ней исследователь, поэтому одна из основных проблем при моделировании – это *проблема целевого назначения*.

Подобие процесса, протекающего в модели M , реальному процессу является не целью, а условием правильного функционирования модели, а **цель** должна быть связана с изучением какой-либо стороны функционирования объекта (контроль параметров, оценка характеристик, управление объектом, прогнозирование поведения объекта).

Для упрощения модели M цели делят на подцели и создают более эффек-

тивные виды моделей в зависимости от полученных подцелей моделирования.

Например, для отраслевых АСУ наиболее существенными целями являются получение прогнозов потребления, сбыта продукции, размещение предприятий по отрасли с учетом всевозможных факторов (наличие сырья, людских ресурсов, энергии и т.д.). Для АСУ П весьма существенно изучение процессов оперативного управления производством, оперативно-календарного планирования, перспективного планирования.

Далее определяются с *целью функционирования системы*, которая обеспечивала бы эффективную работу системы, например минимизация вероятности отказа в обслуживании приборов, максимизация загрузки устройств, устойчивость системы, чувствительность к изменению параметров.

Если цель моделирования и функционирования системы ясна, то возникает следующая проблема: *построение модели M*.

Построение модели оказывается возможным, если имеется информация или выдвинуты гипотезы относительно структуры, алгоритмов и параметров исследуемого объекта. На основании их изучения осуществляется идентификация объекта.

Если модель *M* построена, то следующей проблемой можно считать проблему работы с ней, т.е. *реализацию модели*, основные задачи которой – минимизация времени получения конечных результатов и обеспечение их достоверности.

Для правильно построенной модели *M* характерным является то, что она выявляет лишь те закономерности, которые нужны исследователю, и не рассматривает не существенные для данного исследования свойства системы *S*.

Таким образом, характеризуя проблему моделирования в целом, необходимо учитывать, что от постановки задачи моделирования до интерпретации полученных результатов существует большая группа сложных *научно-технических проблем*:

- идентификация реальных объектов;
- выбор вида моделей;

- построение моделей и их (машинная) реализация;
- взаимодействие исследователя с моделью в ходе машинного эксперимента;
- проверка правильности полученных в ходе моделирования результатов;
- выявление основных закономерностей, исследованных в процессе моделирования.

Средства вычислительной техники, которые в настоящее время широко используются либо для вычислений при аналитическом моделировании, либо для реализации имитационной модели системы, могут лишь помочь с точки зрения эффективности реализации сложной модели, но не позволяют подтвердить правильность той или иной модели. Только на основе отработанных данных, опыта исследователя можно с достоверностью оценить адекватность модели по отношению к реальному процессу.

Машинное моделирование

Сущность **машинного моделирования** системы состоит в проведении на вычислительной машине эксперимента с моделью, которая представляет собой некоторый программный комплекс, описывающий формально и (или) алгоритмически поведение элементов системы в процессе ее функционирования, т.е. в их взаимодействии друг с другом и внешней средой.

Основные **требования**, предъявляемые к модели процесса функционирования системы:

- полнота модели должна предоставлять пользователю возможность получения необходимого набора оценок характеристик системы с требуемой точностью и достоверностью.
- гибкость модели должна давать возможность воспроизведения различных ситуаций при варьировании структуры, алгоритмов и параметров системы.

- длительность разработки и реализации модели большой системы должна быть по возможности минимальной при учете ограничений на имеющиеся ресурсы.
- структура модели должна быть блочной, т.е. допускать возможность замены, добавления и исключения некоторых частей без переделки всей модели.
- информационное обеспечение должно предоставлять возможность эффективной работы модели с базой данных систем.
- программные и технические средства должны обеспечивать эффективную (по быстродействию и памяти) машинную реализацию модели и удобное общение с ней пользователя.
- должно быть реализовано проведение целенаправленных (планируемых) машинных экспериментов с моделью системы с использованием аналитико-имитационного подхода при наличии ограниченных вычислительных ресурсов.

При машинном моделировании системы S характеристики процесса ее функционирования определяются на основе модели M , построенной исходя из имеющейся исходной информации об объекте моделирования. При получении новой информации об объекте его модель пересматривается и уточняется с учетом новой информации, т.е. процесс моделирования, включая разработку и машинную реализацию модели, является итерационным. Этот итерационный процесс продолжается до тех пор, пока не будет получена модель M , которую можно считать адекватной в рамках решения поставленной задачи исследования и проектирования системы S .

Моделирование систем с помощью ЭВМ можно использовать в следующих случаях:

- 1) для исследования системы S до того, как она спроектирована, с целью определения чувствительности характеристики к изменениям структуры, алгоритмов и параметров объекта моделирования и внешней среды;

- 2) на этапе проектирования системы S для анализа и синтеза различных вариантов системы и выбора среди конкурирующих такого варианта, который удовлетворял бы заданному критерию оценки эффективности системы при принятых ограничениях;
- 3) после завершения проектирования и внедрения системы, т.е. при ее эксплуатации, для получения информации, дополняющей результаты натуральных испытаний (эксплуатации) реальной системы, и для получения прогнозов эволюции (развития) системы во времени.

Основные этапы машинного моделирования системы:

- 1) построение концептуальной модели системы и ее формализация;
- 2) алгоритмизация модели системы и ее машинная реализация;
- 3) получение и интерпретация результатов моделирования системы.

Алгоритмизация модели системы и ее машинная реализация. Удобной **формой представления** логических моделей является *схема*. На различных этапах моделирования составляются обобщенные и детальные логические схемы моделирующих алгоритмов, а также схемы программ.

- 1) *обобщенная (укрупненная) схема моделирующего алгоритма* задает общий порядок действий при моделировании систем без каких-либо уточняющих деталей. Обобщенная схема показывает, что необходимо выполнить на очередном шаге моделирования.
- 2) *детальная схема моделирующего алгоритма* содержит уточнения, отсутствующие в обобщенной схеме. Детальная схема показывает не только то, что следует выполнить на очередном шаге моделирования системы, но и как это выполнить.
- 3) *логическая схема моделирующего алгоритма* представляет собой логическую структуру модели процесса функционирования системы S . Логическая схема указывает упорядоченную во времени последовательность логических операций, связанных с решением задачи моделирования.

- 4) *схема программы* отображает порядок программной реализации моделирующего алгоритма с использованием конкретных математического обеспечения и алгоритмического языка.

Логическая схема алгоритма и *схема программы* могут быть выполнены как в укрупненной, так и в детальной форме.

Наиболее употребительные в практике моделирования на ЭВМ следующие **символы**:

- *основные символы* – процесс и данные;
- *специфические символы процесса*: решение, подготовка, предопределенный процесс, ручная операция;
- *специальные символы*: соединитель, терминатор и др.

В качестве пояснения к граф-схеме алгоритма в тексте дается раскрытие содержания операторов, что позволяет упростить представление алгоритма, но усложняет работу с ним.

Стадии этапа алгоритмизации модели системы и её машинной реализации приведены ниже.

1. **Построение логической схемы модели.** Рекомендуется строить модель по блочному принципу, т.е. в виде некоторой совокупности стандартных блоков, что обеспечит необходимую гибкость в процессе ее эксплуатации, особенно на стадии машинной отладки. Блоки бывают двух типов: основные и вспомогательные. Каждый основной блок соответствует некоторому реальному подпроцессу, имеющему место в моделируемой системе S , а вспомогательные блоки необходимы лишь для машинной реализации, фиксации и обработки результатов моделирования.
2. **Получение математических соотношений.** Одновременно с выполнением подэтапа построения логической схемы модели необходимо получить математические соотношения в виде явных функций, т.е. построить аналитические модели. Этот подэтап соответствует неявному заданию возможных математических соотношений на этапе построения концептуальной модели. Схема машинной модели M_M должна представлять собой

полное отражение заложенной в модели концепции и иметь: а) описание всех блоков модели с их наименованиями; б) единую систему обозначений и нумерацию блоков; в) отражение логики модели процесса функционирования системы; г) задание математических соотношений в явном виде. Таким образом, построенная машинная модель M_M системы будет иметь комбинированный характер, т.е. отражать аналитико-имитационный подход, когда часть процесса в системе описана аналитически, а другая часть имитируется соответствующими алгоритмами.

3. **Проверка достоверности модели системы.** Проверка модели на данном подэтапе должна дать ответ на вопрос, насколько логическая схема модели системы и используемые математические соотношения отражают замысел модели, сформированный на первом этапе. При этом проверяются: а) возможность решения поставленной задачи; б) точность отражения замысла в логической схеме; в) полнота логической схемы модели; г) правильность используемых математических соотношений.
4. **Выбор инструментальных средств моделирования.** На этом подэтапе необходимо окончательно решить вопрос о том, какую вычислительную машину (ЭВМ, АВМ, ГВК) и какое программное обеспечение целесообразно использовать для реализации модели системы S . Вопрос о выборе ЭВМ сводится к обеспечению следующих требований: а) наличие необходимых программных и технических средств; б) доступность выбранной ЭВМ для разработчика модели; в) обеспечение всех этапов реализации модели; г) возможность своевременного получения результатов.
5. **Составление плана выполнения работ по программированию.** План при использовании универсальной ЭВМ должен включать в себя: а) выбор языка (системы) программирования модели; б) указание типа ЭВМ и необходимых для моделирования устройств; в) оценку примерного объема необходимой оперативной и внешней памяти; г) ориентировочные затраты машинного времени на моделирование; д) предполагае-

мые затраты времени на программирование и отладку программы на ЭВМ.

6. **Спецификация и построение схемы программы.** Спецификация программы – формализованное представление требований, предъявляемых к программе, которые должны быть удовлетворены при ее разработке, а также описание задачи, условий и эффекта действия без указания способа его достижения. Наличие логической блок-схемы модели позволяет построить схему программы, которая должна отражать: а) разбиение модели на блоки, подблоки и т.д.; б) особенности программирования модели; в) проведение необходимых изменений; г) возможности тестирования программы; д) оценку затрат машинного времени; е) форму представления входных и выходных данных. Схема программы зависит от выбранного языка: алгоритмического языка общего назначения или языка моделирования.
7. **Верификация и проверка достоверности схемы программы.** Верификация программы – доказательство того, что поведение программы соответствует спецификации на программу. На этом подэтапе проводится проверка соответствия каждой операции, представленной в схеме программы, аналогичной ей операции в логической схеме модели.
8. **Проведение программирования модели.** Если имеется адекватная схема программы, то программирование представляет собой работу только для программиста без участия и помощи со стороны разработчика модели. При использовании пакетов прикладных программ моделирования проводится непосредственная генерация рабочих программ для моделирования конкретного объекта, т.е. программирование модели реализуется в автоматизированном режиме.
9. **Проверка достоверности программы.** Эта последняя проверка на этапе машинной реализации модели, которую необходимо проводить: а) обратным переводом программы в исходную схему; б) проверкой отдельных частей программы при решении различных тестовых задач;

в) объединением всех частей программы и проверкой ее в целом на контрольном примере моделирования варианта системы S . На этом подэтапе необходимо также проверить оценки затрат машинного времени на моделирование.

10. Составление технической документации по второму этапу. Для завершения этапа машинной реализации модели M_M необходимо составить техническую документацию, содержащую: а) логическую схему моделирования и ее описание; б) адекватную схему программы и принятые обозначения; в) полный текст программы; г) перечень входных и выходных величин с пояснением; д) инструкцию по работе с программой; е) оценку затрат машинного времени на моделирование с указанием требуемых ресурсов ЭВМ. Таким образом, строится машинная модель M_M , с которой предстоит работать для получения необходимых результатов моделирования по оценке характеристик процесса функционирования системы S (задача анализа) или для поиска оптимальных структур, алгоритмов и параметров системы S (задача синтеза).

Получение и интерпретация результатов моделирования систем. На третьем этапе моделирования – этапе получения и интерпретации результатов моделирования – ЭВМ используется для проведения рабочих расчетов по составленной и отлаженной программе. Результаты этих расчетов позволяют проанализировать и сформулировать выводы о характеристиках процесса функционирования моделируемой системы S .

Особенности получения результатов моделирования. При реализации моделирующих алгоритмов на ЭВМ вырабатывается информация о состояниях процесса функционирования исследуемых систем $z(t) \in Z$. Эта информация является исходным материалом для определения приближенных оценок искомых характеристик, получаемых в результате машинного эксперимента, т.е. критериев оценки. *Критерий оценки* – это любой количественный показатель, по которому можно судить о результатах моделирования системы.

Часто используют более простые критерии оценки, например, вероят-

ность определенного состояния системы в заданный момент времени $t^* \in [0, T]$, отсутствие отказов и сбоев в системе на интервале $[0, T]$ и т.д. При интерпретации результатов моделирования вычисляются различные статистические характеристики закона распределения критерия оценки.

Прежде чем приступить к последнему, третьему, этапу моделирования системы, необходимо для его успешного проведения иметь чёткий план действий, сводящийся к выполнению нижеследующих основных стадий.

1. **Планирование машинного эксперимента с моделью системы.** Планирование машинного эксперимента с указанием комбинаций переменных и параметров позволяет получить максимальный объём необходимой информации об объекте моделирования при минимальных затратах машинных ресурсов.
2. **Определение требований к вычислительным средствам.** Необходимо сформулировать требования по времени использования вычислительных средств, т.е. составить график работы на одной или нескольких ЭВМ, а также указать те внешние устройства ЭВМ, которые потребуются при моделировании.
3. **Проведение рабочих расчётов.** Рабочие расчёты на ЭВМ включают в себя: а) подготовку наборов исходных данных для ввода в ЭВМ; б) проверку исходных данных, подготовленных для ввода; в) проведение расчётов на ЭВМ; г) получение выходных данных, т.е. результатов моделирования.
4. **Анализ результатов моделирования системы.** Планирование машинного эксперимента с моделью M_M позволяет вывести необходимое количество выходных данных и определить метод их анализа. Вычисление статистических характеристик перед выводом результатов на ЭВМ повышает эффективность применения машины и сводит к минимуму обработку выходной информации после её вывода на ЭВМ.
5. **Представление результатов моделирования.** Форма представления окончательных результатов моделирования может быть в виде таблиц,

графиков, диаграмм, схем и т.п. Наиболее простой формой считаются таблицы, хотя графики более наглядно иллюстрируют результаты моделирования системы S .

6. **Интерпретация результатов моделирования.** Интерпретация результатов – переход от информации, полученной в результате машинного эксперимента с моделью M_M , к информации применительно к объекту моделирования, на основании которой будут делаться выводы относительно характеристик процесса функционирования исследуемой системы S .
7. **Подведение итогов моделирования и выдача рекомендаций.** При подведении итогов моделирования должны быть отмечены главные особенности результатов, полученных в соответствии с планом эксперимента над моделью M_M , проведена проверка гипотез и предложений и сделаны выводы на основании этих результатов, сформулированы рекомендации по практическому использованию результатов моделирования.
8. **Составление технической документации по третьему этапу.** Эта документация должна включать в себя: а) план проведения машинного эксперимента; б) наборы исходных данных для моделирования; в) результаты моделирования системы; г) анализ и оценку результатов моделирования; д) выводы по полученным результатам моделирования; е) указания путей дальнейшего совершенствования машинной модели и возможных областей ее приложения.

Таким образом, процесс моделирования системы S сводится к выполнению перечисленных этапов моделирования. На этапе построения концептуальной модели M_K проводится исследование моделируемого объекта, определяются необходимые аппроксимации и строится обобщенная схема модели, которая преобразуется в машинную модель M_M на втором этапе моделирования путем последовательного построения логической схемы модели и схемы программы. На последнем этапе моделирования проводят рабочие расчеты на ЭВМ, получают и интерпретируют результаты моделирования системы S .

2.6. Структурный анализ и структурное проектирование

Определения структурного анализа и структурного проектирования

Структурным анализом принято называть метод исследования системы, которое начинается с ее общего обзора и затем детализируется, приобретая иерархическую структуру со все большим числом уровней. Решение трудных проблем путем их разбиения на множество меньших независимых задач (так называемых «черных ящиков») и организация этих задач в древовидные иерархические структуры значительно повышают понимание сложных систем.

В инженерии ПО (software engineering), **Структурный анализ** (Structured Analysis, **SA**) и одноименное с ним **Структурное проектирование** (Structured Design, **SD**) – это методы для анализа и преобразования бизнес-требований в спецификации и, в конечном счете, в компьютерные программы, конфигурации аппаратного обеспечения и связанные с ними ручные процедуры.

Структурный анализ, **СА** (Structured Analysis, **SA**) и Структурное проектирование, **СП** (Structured Design, **SD**) являются фундаментальными инструментами **системного анализа** и развивались из классического системного анализа 1960-70-х годов.

Структурный подход заключается в поэтапной декомпозиции системы при сохранении целостного о ней представления. Основные принципы структурного подхода (первые два являются основными):

- 1) *принцип «разделяй и властвуй»* – принцип решения сложных проблем путем их разбиения на множество меньших независимых задач, легких для понимания и решения;
- 2) *принцип иерархического упорядочивания* – принцип организации составных частей проблемы в иерархические древовидные структуры с добавлением новых деталей на каждом уровне.
- 3) *принцип абстрагирования* – заключается в выделении существенных аспектов системы и отвлечения от несущественных;

- 4) *принцип формализации* – заключается в необходимости строгого методического подхода к решению проблемы;
- 5) *принцип непротиворечивости* – заключается в обоснованности и согласованности элементов.

История структурного анализа и проектирования

Структурный анализ – это часть серии структурных методов, представляющих набор методологий анализа, проектирования и программирования, которые были разработаны в ответ на проблемы, с которыми столкнулся мир ПО в период с 1960 по 1980 гг. В этот период большинство программ было создано на Cobol и Fortran, потом на C и BASIC.

Это было новым положительным сдвигом в направлении проектирования и программирования, но при этом не было стандартных методологий для документирования требований и самих проектов. По мере укрупнения и усложнения систем, все более затруднительным становился процесс их разработки.

Когда большинство специалистов билось над созданием программного обеспечения, немногие старались разрешить более сложную задачу создания крупномасштабных систем, включающих как людей и машины, так и программное обеспечение, аналогичных системам, применяемым в телефонной связи, промышленности, управлении и контроле за вооружением. В то время специалисты, традиционно занимавшиеся созданием крупномасштабных систем, стали осознавать необходимость большей упорядоченности. Таким образом, разработчики начали формализовать процесс создания системы, разбивая его на следующие фазы:

- 1) анализ – определение того, что система будет делать;
- 2) проектирование – определение подсистем и их взаимодействие;
- 3) реализация – разработка подсистем по отдельности;
- 4) объединение – соединение подсистем в единое целое;
- 5) тестирование – проверка работы системы;

- 6) установка – введение системы в действие;
- 7) функционирование – использование системы.

Эта последовательность всегда выполнялась итерационно, потому что система полностью никогда не удовлетворяла требованиям пользователей, поскольку их требования часто менялись. И, тем не менее, с этой моделью создания системы, ориентированной на управление, постоянно возникали сложности.

Эксплуатационные расходы, возникавшие после сдачи системы, стали существенно превышать расходы на ее создание и продолжали расти с огромной скоростью из-за низкого качества исходно созданной системы.

Некоторые считали, что рост эксплуатационных расходов обусловлен характером ошибок, допущенных в процессе создания системы.

Исследования показали, что большой процент ошибок в системе возник в процессе анализа и проектирования, гораздо меньше их было допущено при реализации и тестировании, а цена (временная и денежная) обнаружения и исправления ошибок становилась выше на более поздних стадиях проекта.

Например, исправление ошибки на стадии проектирования стоит в 2 раза, на стадии тестирования – в 10 раз, а на стадии эксплуатации системы – в 100 раз дороже, чем на стадии анализа. На обнаружение ошибок, допущенных на этапе анализа и проектирования, расходуется примерно в 2 раза больше времени, а на их исправление – примерно в 5 раз, чем на ошибки, допущенные на более поздних стадиях. Кроме того, ошибки анализа и проектирования обнаруживались часто самими пользователями, что вызывало их недовольство.

Традиционные подходы к созданию систем приводили к возникновению многих проблем:

- 1) не было единого подхода;
- 2) привлечение пользователя к процессу разработки не контролировалось;
- 3) проверка на согласованность проводилась нерегулярно или вообще отсутствовала, результаты одного этапа не согласовывались с результатами других;

4) процесс с трудом поддавался оценкам, как качественным, так и количественным.

Утверждалось, что когда создатели систем пользуются методологиями типа структурного программирования и проектирования сверху вниз, они решают либо не поставленные задачи, либо плохо поставленные, либо хорошо поставленные, но неправильно понятые задачи.

Кроме того, ошибки в создании систем становились все менее доступны выявлению с помощью аппаратных средств или программного обеспечения, а наиболее катастрофические ошибки допускались на ранних этапах создания системы. Часто эти ошибки были следствием неполноты функциональных спецификаций или несогласованности между спецификациями и результатами проектирования.

Проектировщики знали, что сложность систем возрастает и что определены они часто весьма слабо. Рост объема и сложности систем является жизненной реальностью. Эту предпосылку нужно было принять как неизбежную. Но ошибочное определение системы не является неизбежным: оно – результат неадекватности методов создания систем.

Вскоре был выдвинут тезис: совершенствование методов анализа есть ключ к созданию систем, эффективных по стоимости, производительности и надежности.

Для решения ключевых проблем традиционного создания систем широкого профиля требовались новые методы, специально предназначенные для использования на ранних стадиях процесса.

Для помощи в управлении большим и сложным ПО с конца 1960 годов появляется множество разнообразных структурных методов программирования, проектирования и анализа. Эти методы на начальных этапах создания системы позволяют гораздо лучше понять рассматриваемую проблему. А это сокращает затраты как на создание, так и на эксплуатацию системы, а кроме того, повышает ее надежность.

В 1960-70 появляются следующие концепции:

- примерно **1967** – Структурное программирование (Structured programming) – Edsger Dijkstra,
- примерно **1975** – Структурное программирование Джексона (Jackson Structured Programming) – Michael A. Jackson.

Структурное программирование приводит к Структурному проектированию, что в свою очередь приводит к Структурному системному анализу:

- примерно **1975** – появление на рынке Метода структурного анализа и проектирования **SADT** (Structured Analysis and Design Technique) – Douglas T. Ross;
- примерно **1975** – Структурное проектирование (Structured Design) – Larry Constantine, Ed. Yourdon и Wayne Stevens;
- примерно **1978** – Структурный анализ (Structured Analysis) – Tom DeMarco, Yourdon, Gane & Sarson, McMenamin & Palmer;
- в **1979** опубликован Структурный анализ и системная спецификация (Structured Analysis and System Specification) – Tom DeMarco.

В течение **1980х** начинают появляться инструменты для автоматизации черчения диаграмм:

- **1981** – опубликована (и в 85-93 получает развитие) Методология IDEF0, основанная на SADT и инструментальных средствах создания диаграмм (разработана Дугласом Т. Россом, Douglas T. Ross).
- в **1983** впервые представлен Метод структурного системного анализа и проектирования **SSADM** (Structured Systems Analysis and Design Method), разработанный в UK Office of Government Commerce.

По аналогии с Computer-Aided design and Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM), использование этих инструментов было названо **Computer-Aided Software Engineering (CASE)**.

Методы СА и СП (в частности, **SSADM**) сопровождаются нотациями (диаграммами), облегчающими взаимодействие между пользователями и разработчиками. Это были:

- структурные схемы (Structure Charts) – для структурного проектирования;

- диаграммы потоков данных (Data Flow Diagrams, DFD) – для структурного анализа;
- модели данных (Data Model Diagrams).

Эти диаграммы использовались структурными методами в различных комбинациях. Среди них встречалось множество вариаций.

Примерно в **1990** появляется термин «инженерия разработки ПО» (Information Engineering, IE, James Martin), являющаяся логическим расширением структурных методов, появившихся в течение 1970х.

Метод структурного анализа и проектирования SADT

Определение SADT

SADT (Structured Analysis and Design Technique) – это методология инженерии разработки ПО (software engineering) для описания систем в виде иерархии функций (функциональной структуры).

Предпосылки и история SADT

Структурный анализ возник в конце 60-х годов в ходе революции, вызванной структурным программированием. Метод SADT был предложен Дугласом Т. Россом как способ уменьшить количество дорогостоящих ошибок за счет структуризации на ранних этапах создания системы, улучшения контактов между пользователями и разработчиками и сглаживания перехода от анализа к проектированию. Дуглас Т. Росс часть своих PLEX-теорий относящихся к методологии и языку описания систем, назвал «Методология структурного анализа и проектирования» (SADT). Исходная работа над SADT началась в 1969 г.

Первое ее крупное приложение было реализовано в 1973 г. при разработ-

ке большого аэрокосмического проекта, когда она была несколько пересмотрена сотрудниками SofTech, Inc. В 1974 г. SADT была еще улучшена и передана одной из крупнейших европейских телефонных компаний.

Таким образом, к началу 70-х SADT представляет собой четкую формальную процедуру.

Появление SADT на рынке произошло в 1975 г. после годовичного оформления в виде продукта.

К 1981 г. SADT уже использовали более чем в 50 компаниях при работе более чем над 200 проектами, включавшими более 2000 людей и охватывавшими дюжину проблемных областей, в том числе телефонные сети, аэрокосмическое производство, управление и контроль, учет материально-технических ресурсов и обработку данных.

Ее широкое распространение в настоящее время в европейской, дальневосточной и американской аэрокосмической промышленности (под названием IDEF0) позволяет эти цифры существенно увеличить. Таким образом, SADT выделяется среди современных методологий описания систем благодаря своему широкому применению. Почему SADT имеет такое широкое применение?

Во-первых, SADT является единственной методологией, легко отражающей такие системные характеристики, как управление, обратная связь и исполнители. Это объясняется тем, что SADT изначально возникла на базе проектирования систем более общего вида в отличие от других структурных методов, «выросших» из проектирования программного обеспечения.

Во-вторых, SADT в дополнение к существовавшим в то время концепциям и стандартам для создания систем имела развитые процедуры поддержки коллективной работы и обладала преимуществом, связанным с ее применением на ранних стадиях создания системы.

Кроме того, широкое использование SADT показало, что ее можно сочетать с другими структурными методами. Это достигается использованием графических SADT-описаний в качестве схем, связывающих воедино различные методы, примененные для описания определенных частей системы с различным

уровнем детализации.

Таким образом, неадекватные спецификации систем того времени вызвали создание графического языка SADT, а его усиленное использование преобразовало SADT в законченную методологию, способную повысить качество продуктов, создаваемых на ранних стадиях развития проекта.

Итак, SADT началась как язык описания функционирования систем общего вида, а по мере применения ее процедуры описания систем были улучшены и дополнены.

Основы SADT

SADT использует **два типа диаграмм**:

- 1) модели деятельности (activity models);
- 2) модели данных (data models).

SADT использует **стрелки** для построения этих диаграмм и имеет следующее графическое представление:

- главный блок (box), где определено название процесса или действия;
- с левой стороны блока – входящие стрелки: входы действия;
- сверху – входящие стрелки: данные, необходимые для действия;
- внизу – входящие стрелки: средства, используемые для действия;
- справа – исходящие стрелки: выход действия.

SADT использует **декомпозицию** на основе подхода «сверху вниз». Каждый уровень декомпозиции содержит до 6 блоков.

SADT **начинается с уровня (level) 0**, затем может быть детализирован на более низкие уровни (1, 2, 3, ...). Например, на уровне 1, блок уровня 0 будет детализирован на несколько элементарных блоков и так далее ...

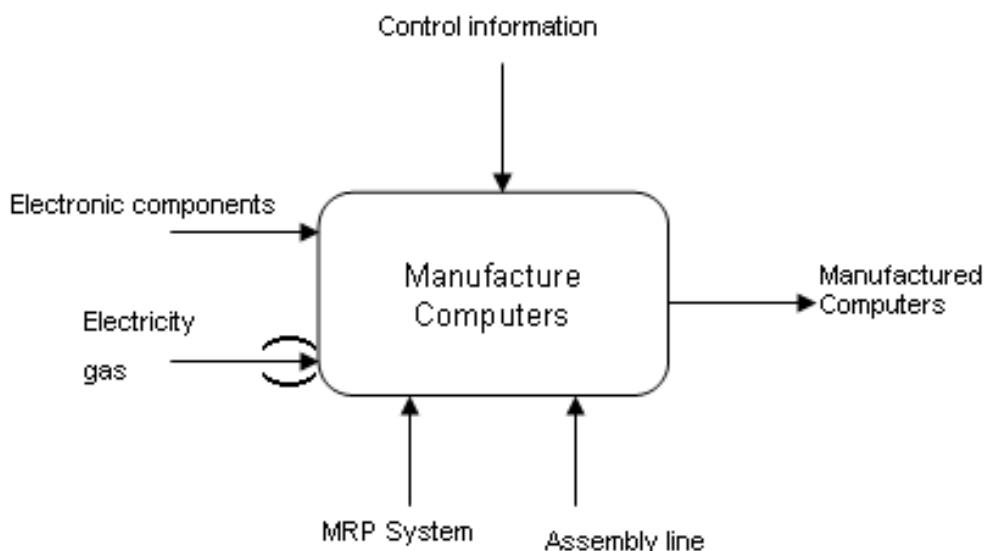


Рис. Пример уровня 0

На уровне 1 действие «Manufacture computers», может быть разбито (de-clined), например на 4 блока:

- 1) получить электронные компоненты («receive electronic components»);
- 2) сохранить электронные компоненты («store electronic components»);
- 3) доставить электронные компоненты на сборочную линию («bring electronic components to the assembly line»);
- 4) собрать компьютеры («Assemble computers»).

Семантика стрелок для действий (activities):

- входы (Inputs) входят слева и представляют данные или предметы потребления (consumables), нужные действию (that are needed by the activity);
- выходы (Outputs) выходят справа и представляют данные или продукты, производимые действием (activity);
- управления (Controls) входят сверху и представляют команды, которые влияют на исполнение действия, но не потребляются. В последней редакции IDEF0 – условия, требуемые для получения корректного выхода. Данные или объекты, моделируемые как управления, могут быть трансформированы функцией, создающей выход;

- механизмы означают средства, компоненты или инструменты, используемые для выполнения действия; представляют размещение (allocation) действий.

Семантика стрелок для данных (data):

- входы (Inputs) – это действия, которые генерируют эти данные (are activities that produce the data);
- выходы (Outputs) потребляют эти данные (consume the data);
- управления (Controls) влияют на внутреннее состояние этих данных (influence the internal state of the data).

Роли SADT-процесса:

- авторы (Authors) – разработчики SADT модели;
- комментаторы (Commenters) – рецензируют (review) работу авторов;
- читатели (Readers) – возможные (the eventual) пользователи SADT диаграмм;
- эксперты (Experts) – те, от кого авторы получают специальную информацию о требованиях и ограничениях;
- технический комитет (Technical committee) – технический персонал, ответственный за рецензирование (reviewing) SADT модели на каждом уровне;
- библиотекарь проекта (Project librarian) – ответственный за все документы проекта;
- менеджер проекта (Project manager) – имеет полную техническую ответственность за системный анализ и проектирование (has overall technical responsibility the system analysis and design);
- аналитик (Monitor) (Chief analyst) – эксперт в области SADT, помогающий и консультирующий персонал проекта по использованию SADT;
- инструктор (Instructor) – обучает авторов и комментаторов SADT.

Этапы моделирования. Разработка SADT модели представляет собой итеративный процесс и состоит из нижеследующих условных этапов.

1. **Создание модели** группой специалистов, относящихся к различным сферам деятельности предприятия. На этом этапе авторы опрашивают компетентных лиц, получая ответы на следующие вопросы:

- что поступает в предметную область на «входе»;
- какие функции и в какой последовательности выполняются в рамках предметной области;
- кто является ответственным за выполнение каждой из функций;
- чем руководствуется исполнитель при выполнении каждой из функций;
- что является результатом работы объекта (на выходе)?

На основе полученных результатов опросов создается *черновик модели* (Model Draft).

2. **Распространение черновика** для рассмотрения, получения комментариев и согласования модели с *читателями*. При этом каждая из диаграмм черновика письменно критикуется и комментируется, а затем передается автору. Автор, в свою очередь, также письменно соглашается с критикой или отвергает ее с изложением логики принятия решения и вновь возвращает откорректированный черновик для дальнейшего рассмотрения. Этот цикл продолжается до тех пор, пока авторы и читатели не придут к единому мнению.

3. **Официальное утверждение модели.** Утверждение согласованной модели происходит руководителем рабочей группы в том случае, если у *авторов* модели и *читателей* отсутствуют разногласия по поводу ее адекватности. *Окончательная модель* представляет собой согласованное представление о системе с заданной точки зрения и для заданной цели.

Метод SADT получил дальнейшее развитие. На его основе в 1981 году разработана известная методология функционального моделирования IDEF0.

Метод структурного системного анализа и проектирования SSADM

SSADM (Structured Systems Analysis and Design Method) – системный подход к анализу и проектированию ИС.

SSADM как комплект стандартов для системного анализа и разработки приложений был разработан в начале 1980-х для Центрального агентства по компьютерам и телекоммуникациям (Central Computer and Telecommunications Agency, сейчас это Office of Government Commerce) – государственного учреждения UK, заинтересованного в использовании технологии в управлении.

Позже SSADM широко использовался для государственных ИТ-проектов в UK, затем нашел широкое применение во всем мире для проектирования ИС.

SSADM использует комбинацию текста и диаграмм для проектирования системы на всем ее жизненном цикле, от идеи до реального физического проекта приложения

SSADM использует комбинацию из трех методологий моделирования.

1. Логическое моделирование данных (Logical Data Modeling, LDM) –

процесс идентификации, моделирования и документирования требований к разрабатываемой системе. Элементы логической модели данных:

- *сущности* (entities) – то, о чем фирме нужно записать информацию;
- *связи* (relationships) – ассоциации между сущностями.

1. Моделирование потоков данных (Data Flow Modeling) – процесс

идентификации, моделирования и документирования движения данных в ИС. Моделирование потоков данных исследует:

- *процессы* (processes) – деятельность по преобразованию данных из одной формы в другую;
- *накопители данных* (data stores) – области (промежуточного) хранения данных (the holding areas for data);

- *внешние сущности* (external entities) – сущности, которые посылают данные в систему или получают данные из системы;
- *потоки данных* – маршруты, по которым данные могут двигаться.

2. **Моделирование поведения сущностей (Entity Behavior Modeling)** – процесс идентификации, моделирования и документирования событий, которые влияют на каждую сущность и последовательности, в которой эти события происходят.

Каждая из этих трех моделей системы обеспечивает различные точки зрения на одну и ту же систему, и каждая из точек зрения необходима для формирования полной модели проектируемой системы.

Все три методологии во взаимосвязи друг с другом (are cross-referenced against each other) дают гарантию полноты и точности всего приложения.

Проект разработки SSADM приложения делится на пять модулей, которые в дальнейшем разбиваются на иерархию из стадий, этапов и задач. Модули проекта приведены ниже.

1. **Анализ осуществимости проектного решения (Feasibility Study)** – анализ предметной области для определения сможет ли проектируемая система удовлетворить бизнес-требованиям.
2. **Анализ требований (Requirements Analysis)**. На этом этапе определяются подлежащие разработке системные требования и моделируется текущая среда предприятия в терминах процессов с включением структур данных.
3. **Спецификация требований (Requirements Specification)**. На этом этапе определяются детальные функциональные и нефункциональные требования и вводятся новые методики для определения необходимых процессов и структур данных.
4. **Логическая системная спецификация (Logical System Specification)**. На этом этапе вырабатываются опции технической системы, логический проект обновлений, обработка запросов и системные диалоги.

5. **Физический проект (Physical Design).** На этапе физического проектирования создается физический проект базы данных и комплект программных спецификаций с использованием логической и технической системных спецификаций.

В отличие от RAD (rapid application development), который подразумевает параллельное выполнение этапов, SSADM строит каждый этап на основе работы, которая была предписана на предыдущем этапе без отклонений от модели.

По причине жесткой структуры методологии, SSADM хороша с точки зрения контроля проектов и способности разрабатывать системы лучшего качества.

3. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИТ-ПРОЕКТА

3.1. Подходы к оценке эффективности ИТ -проекта

Первичные цели автоматизации – ускорение выполнения процессов, разгрузка персонала, удешевление производства, улучшения качества информация для принятия решения. Тенденция в развитии ИТ на фазе роста – непрерывное усложнение технологий, а также методик проектирования и требования к системам (достаточно взглянуть на группы ГОСТов Союза ССР групп 24 и 34). В результате (ради ускорения бизнес-процесса) тратится огромное количество времени на проектирование и разработку ПО (правда один раз). Разгрузка персонала (пользователей системы) при выполнении работ становится несравнима с загрузкой проектировщиков и программистов. Мы имеем удешевление производства, с одной стороны, и колоссальные затраты на стадии проектирования, разработки, внедрения и поддержки системы, с другой. Уменьшается штат производственного персонала, при этом неимоверно разрастаются отделы АСУ, затраты на труд ИТ-специалистов по непрерывной поддержке и модернизации системы часто несравнимы с эффектом от использования ИС. Иногда отказ от технологии является выходом из ситуации. Оценка целесообразности внедрения ИТС до начала проектных работ помогает избежать потерь.

В современной практике существуют два основных метода оценки эффективности проекта, реализуемых на действующих предприятиях:

- метод расчета по предприятию в целом;
- приростной метод.

Расчет по предприятию в целом рекомендуется производить, сопоставляя варианты проекта развития предприятия в целом «с проектом» и «без проекта» (далее соответственно «основной» и «нулевой» варианты). Формирование основного варианта производится путем внесения соответствующих корректировок в показатели нулевого варианта.

Если внедрение ИТС оказывает влияние на различные стороны деятель-

ности предприятия, могут измениться технико-экономические и финансовые показатели работы предприятия в целом. Такая ситуация может возникнуть при внедрении интегрированных корпоративных систем управления. При этом необходимо сопоставить перспективные показатели работы предприятия при условии реализации ИТС-проекта, связанного с внедрением интегрированных корпоративных систем управления и при условии отказа от него. Такое сопоставление выполняется на основе метода расчета по предприятию в целом.

Для оценки эффективности инвестиционных проектов внедрения ИТС, имеющих локальный характер на предприятии, используется **приростной метод**, основная идея которого состоит в определении изменений притоков и оттоков денежных средств, обусловленных реализацией проекта.

Главная проблема, которая возникает при применении **приростного метода**, – точное выявление факторов, определяющих эффективность проекта (например, уменьшение трудоемкости выполнения операции, сокращение количества работающих и т. д.) и правильная количественная оценка изменений финансовых затрат и результатов с учетом указанных факторов.

Фактическим стандартом при **расчете стоимости ИС** стал **метод ТСО** (совокупная стоимость владения), предложенный компанией Gartner. Позже многие крупные поставщики ИТ представили свои версии данного метода. Но ТСО оценивает только затратную часть, не учитывая преимуществ от внедрения. Поэтому эта методика в чистом виде применима только для оценки решений, обеспечивающих сходную функциональность.

Метод ROI (отдача от инвестиций) дает возможность определить, какой финансовый результат обеспечивает каждый рубль, инвестированный в проект, но не дает четкого и ясного способа определить абсолютную величину этого результата.

Определение качественных и финансовых эффектов наилучшим образом обеспечивается системой сбалансированных показателей (Balanced ScoreCard, BSC), но для ее внедрения необходима длительная подготовительная работа, зачастую требующая изменения существующих подходов к управлению компа-

нией.

Более простая и доступная для использования методика, но в то же время дающая четкие и обоснованные результаты, была разработана компанией Microsoft – методика «быстрого экономического обоснования (*Rapid Economic Justification, REJ*)».

3.2. Методика быстрого экономического обоснования

Методика «быстрого экономического обоснования» (*Rapid Economic Justification, REJ, Microsoft*) позволяет преодолеть языковой барьер между ИТ-специалистами и исполнителями бизнеса и продемонстрировать выгоду от инвестиции в ИТ.

Заинтересованные лица (Stakeholders):

- Генеральный директор – CEO (Chief Executive Officer).
- Финансовый директор – CFO (Chief Financial Officer).
- Вице-президент – VP.
- Директор по информационным технологиям – CIO (Chief Information Officer) – сотрудник корпорации, исполнитель высшего ранга; отвечающий за приобретение и внедрение новых технологий, управление информационными ресурсами.
- ИТ-персонал – IT stuff.
- Торговые посредники – Resellers-фирмы, специализирующиеся на оптовых поставках и торговом посредничестве.
- Поставщики – Suppliers.

Шаг 1. Обследование объекта (*Understand the Business*). Исследование начинается с определения ключевых проблем предприятия и поиск ИТ-решения, которое будет способствовать устранению этих проблем и позволит предприятию добиться успеха.

На этой стадии определяются критические факторы успеха предприятия и их показатели, а также составляется план их достижения. Для этого исследуют

стратегический план развития компании, бизнес-план, проводят консультации с руководством компании, руководителями функциональных подразделений и ключевыми специалистами.

Шаг 2. Выбор технических решений (Understand the Solutions). На этой стадии проектная команда работает с владельцами ключевых бизнес-процессов, используя схемы процессов в организации, функционально-структурные схемы и диаграммы причинно-следственных связей с целью определения способов применения ИТ-решений для повышения их соответствия критическим факторам успеха организации.

Для каждой работы, определенной на предыдущем шаге, необходимо найти, с использованием каких ИТ можно улучшить ее эффективность.

Шаг 3. Вычисление разницы между доходами и расходами (Understand the Benefit/Cost Equation). После того как возможные технические решения выбраны, команда аналитиков вычисляет потенциальную прибыль от их внедрения и необходимый объем капиталовложений для каждого проекта.

Шаг 4. Выявление рисков (Understand the Risks). Многие сначала экономически оправданные ИТ-проекты после внедрения не соответствуют ожиданиям руководства и других заинтересованных лиц. Анализ потенциальных рисков инвестиций в ИТ может помочь избежать провала путем выявления различных форм риска, разработки решения о их смягчении и подгонки прибыли к затратам.

Существуют различные **категории рисков**.

Риск соответствия. Чем жестче соответствие ИТ-проекта целям предприятия, тем меньше риск. Необходимо заметить, что для некоторых проектов установление четкого соответствия технологий стратегическим целям бизнеса — задача сложно выполняемая (например, усовершенствование инфраструктуры информационной системы), однако инвестиции в них являются необходимыми для дальнейшего развития информационных технологий.

Реализационный риск. Учитывает возможность того, что действительная стоимость реализации проекта будет отличаться от расчетной.

Операционный риск. Учитывает возможность того, что стоимость функционирования системы будет отличаться от предполагаемой.

Технологический риск. Чем больше известно о выбранном решении и чем лучше проработаны выбранные технологии, тем меньше этот риск. Однако проекты с малым значением технологического риска не всегда обеспечивают достаточно высокие потенциальные преимущества и, наоборот, чем выше риск, тем выше возможная прибыль.

Риск денежных потоков. Учитывает возможность недостоверного определения выгод от проекта и неточного расчета положительных денежных потоков, а также возможность появления других непредвиденных финансовых проблем. Например, будет принято решение увеличить капитализацию бизнеса или другие, более важные с точки зрения руководства, проблемы потребуют отвлечения средств от рассматриваемого проекта, в результате чего не удастся достичь предполагаемых выгод в полном объеме.

Риски могут быть описаны как количественно, так и качественно.

Шаг 5. Расчет финансовых показателей (Understand the Financial Metrics). На основе полученных дисконтированных денежных потоков, скорректированных с учетом рисков, рассчитываются финансовые показатели, принятые на данном предприятии. Такими показателями могут быть чистый приведенный доход (Net Present Value, NPV), внутренняя норма доходности (Internal Rate of Return, IRR), добавленная стоимость (Economic Value Added, EVA), срок окупаемости, возврат от инвестиций и другие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебное пособие предназначено для профессиональной подготовки в рамках направлений подготовки высшего профессионального образования для бакалавров и магистров 230400 «Информационные системы и технологии», 230200 «Информационные системы».

Работа содержит основные понятия общей теории систем, предметной области проектирования, информационных систем и технологий, основные понятия проектирования информационных систем, а также подробный обзор методов исследования систем управления, которые могут быть применены на этапе обследования организации.

Раздел 2.4. посвящен системному анализу и системному подходу как основополагающему при исследовании систем управления и лежащему в основе современных методологий проектирования.

Раздел 2.5 содержит основные понятия моделирования, лежащего в основе проектирования ИС.

Раздел 2.6 посвящен структурному анализу и структурному подходу.

Последняя глава описывает методы оценки эффективности ИТ-проекта.

Учебное пособие может быть использовано для изучения дисциплин «Проектирование информационных систем», «Моделирование информационных систем», «Исследование систем управления».

В дальнейшем предполагается разработка лабораторно-практической поддержки материала по освоению средств проектирования информационных систем.

Библиографический список

1. Анфилатов, В.С. Системный анализ в управлении: учебное пособие. / В.С. Анфилатов. М. : Финансы и статистика, 2002. 368 с.
2. Голубков, Е.П. Методы системного анализа при принятии управленческих решений. / Е.П. Голубков. М.: Знание, 1999. 256 с.
3. Спинцнадель, В.Н. Основы системного анализа: учебное пособие. / В.Н. Спинцнадель. СПб : Изд. Дом «Бизнес-пресса», 2000. 326 с.
4. Гольдштейн, С.Л., Инюшкина, О.Г. Практика использования информационных технологий и систем (на примерах управления организацией): учебное пособие / С.Л. Гольдштейн, О.Г. Инюшкина. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 185 с.
5. Вудкок М., Френсис Д. Раскрепощенный менеджер. Перевод с англ. – М.: Дело, 1991.-320 с.
6. Андрушків Б.М., Кузьмін О.Е. Основы менеджмента., 1995.
7. Веснин В.Р. Основы менеджмента: Учебник. – М.: Триада.Лтд»,1996.
8. Виханский О.С., Наумов А.И. Менеджмент: человек, стратегия, организация, процесс: 2-е изд.: Учебник. – Мн.: «Гардарика»,1996.
9. Михайлов Л.М., Мишин В. М., Сисюк А. Я. Учебное пособие для вузов: «Исследование систем управления». Изд-во «Экзамен», Москва 2009.
10. Голубков Е.П. Какое принять решение? М.: «Экономика», 2005.
11. Мишин В.М. Исследование систем управления: Учебник.-М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2007-528 с.
12. Петров, В.Н. Информационные системы / В.Н. Петров. СПб. : Питер, 2002. 688 с.
13. В.И. Грекул, Г.Н. Денищенко, Н.Л. Коровкина. Проектирование информационных систем. Издательство: Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 304 с.
14. Грекул В.И., Денищенко Г.Н., Коровкина Н.Л. Проектирование информационных систем. Курс лекций. Учебное пособие. Интернет-Университет Информационных технологий. М., 2008. -299 с.

15. Курс лекций/ Грекул В.И., Денищенко Г.Н., Коровкина Н.Л. — М.: Интернет-университет информационных технологий, 2005. — 304 с. — ISBN: 5-9556-0033-7
16. М.Г. Багиева. Автоматизация проектирования систем. Учебное пособие. Владикавказ, 2008.
17. Б. Я. Советов., С.А. Яковлев Моделирование систем: учеб. для вузов – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 2001.-343 с.
18. Инюшкина О.Г., Кормышев В.М. Управление знаниями в информационных системах (монография). Екатеринбург: УрФУ, 2012. 212 с.
19. Авдошина З.А. Исследования систем управления. [Электронный ресурс]
Режим доступа :
http://www.cfin.ru/management/strategy/classic/management_research.shtml.
20. Архипов Н.И. Исследование систем управления. – М.: ПРИОР, 2002. – 384 с.
21. В.В. Глущенко, И.И.Глущенко. Исследование систем управления, г. Железнодорожный, Моск.обл.: ООО НИЦ «Крылья», 2000
22. Гоберман В.А., Гоберман Л.А. Основы производственного менеджмента: моделирование операций и управленческих решений. – М.: Юрист, 2002. – 336 с.
23. Мухин В.И. Исследование систем управления: Анализ и синтез систем управления. – М.: Экзамен, 2003.- 384 с.
24. Анцибор М.М. Активные формы и методы обучения. Тула 2002.
25. Беспалько В.П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения. – М., 2001.
26. Брушменский А.В. Психология мышления и проблемное обучение. – М., 2003.
27. Орлов А.А. Основы профессионально-педагогической деятельности. М., 2004.
28. Игнатьева А.В., Максимцов М.М. Исследование систем управления: Учеб. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.

29. Коротков Э.М. Исследование систем управления. – М.: ДеКА, 2000
30. Малин А.С., Мухин В.И. Исследование систем управления: Учебник для ВУЗов. – М.: Гардарики, 2002.
31. Панфилова А. П. Мозговые штурмы в коллективном принятии решений. - Спб.: Питер, 2005.
32. Малин А.С., Мухин В.И. Исследование систем управления: Учебник для ВУЗов. – М.: Гардарики, 2002.
33. Панфилова А. П. Мозговые штурмы в коллективном ‘ принятии решений, – Спб.: Питер, 2005.
34. Л.П. Владимирова. Прогнозирование и планирование в условиях рынка., учебное пособие (второе издание). М.: 2006.
35. Игнатьева А.В., Максимцов М.М. Исследование систем управления: Учебное пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 157 с.
36. Анастаси А., Урбина С. Психологическое тестирование. – СПб.: “Питер”, 2001. -С.333-348, 398-401.
37. Бурлачук Л.Ф., Морозов С.М. Словарь-справочник по психодиагностике. – СПб.: “Питер”, 2000. – С.39, 360-363, 409.
38. Горбатов Д.С. Практикум по психологическому исследованию. -Самара: “Бахрах”, 2000. – С.211-212.
39. Данилова Н.Н. Психофизиология. – М.: “АспектПресс”, 1998. – С.346-351.
40. Дюк В.А. Компьютерная психодиагностика. – СПб.: “Братство”, 1994. – С.75-78.
41. Забродин Ю.М., Похилько В.И., Шмелев А.Г. Статистические и семантические проблемы конструирования и адаптации многофакторных личностных тест-опросников.//Психол. журнал, т.8, №6, 1987.- С.79-89.
42. Иберла К. Факторный анализ. – М.: “Статистика”, 1980. – 308 с.
43. Кимбл Г. Как правильно пользоваться статистикой. – М.: “Статистика”, 1982.-С.55-70.
44. Краткий психологический словарь./ Под ред. А.В.Петровского, М.Г.Ярошевского. – Ростов н/Д: “Феникс”, 1999. – С.412.

45. Куликов Л.В. Психологическое исследование: методические рекомендации по проведению. – СПб.: “Речь”, 2001. – С.99-102.
46. Левандовский Н.Г. О скорректированном применении факторного анализа и критериях факторизации //Вопросы психологии. 1980. № 5. – С. 138-142.
47. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. – М.: “Мир”, 1967. – 144 с.
48. Митина О.В. Факторный анализ для психологов. – М.: “УМК”, 2001. – 169 с.
49. Гордашникова О.Ю. Функционально-стоимостной анализ качества продукции и управления маркетингом на предприятии. – М.: Издательство «Альфа-Пресс». 2006. – 88 с.
50. Иванов В, В., Хан О.К. Управленческий учет эффективного менеджмента. – М.: ИНФРА – М, 2007. -208 с. (Национальные проекты).
51. В. Ивлев, К. Ивлев, Т. Попова Что такое функционально-стоимостной анализ? проект «Корпоративный менеджмент». [Электронный ресурс] Режим доступа : [http://www. cfin.ru/management/what_is_abc..shtml](http://www.cfin.ru/management/what_is_abc.shtml).
52. Ковалев А.П. Стоимостный анализ. Учебное пособие. – М.: МГТУ "Станкин", 2000. – 171 с.
53. Справочник по функционально-стоимостному анализу/Под ред. М. Г. Карпунина, Б.И. Майданчика. М.. Финансы и статистика, 1988. 431 с.
54. Шарипов Р.Х. Краткая информация для руководителей производственных предприятий. Самара, 2004.
55. Панков В.А., Ковалевский С.В., Бывшев А.П. Функционально-стоимостной анализ технических и организационно-экономических систем (ФСА/ФСУ). – Донецк: Новый мир, 2005. – 257 с.
56. Панков В.А. Функционально-стоимостной анализ – ключ к эффективности. Практика проведения и развития функционально-стоимостного анализа промышленных объектов и продуцирующих систем (из опыта ЗАО НКМЗ): Монография. - К.: Наук. Світ, 2003.-138с.
57. Антонов А.В. Системный анализ. — М.: Высшая школа, 2004. — 454 с.

58. Голубков Е.П. Использование системного анализа в принятии плановых решений. — М.: Экономика, 1982. — 160 с.
59. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы: Учебное пособие. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2005. — 295 с.
60. Камионский С.А. Менеджмент в российском банке: опыт системного анализа и управления. — М.: Деловая библиотека Омскпромстройбанка, 1998. — 112 с.
61. Лыноградский Л.А. Горизонты системного анализа. — Самара: ИЭКА Поволжье, 2000. — 244 с.
62. Черняк Ю.И. Анализ и синтез систем в экономике. — М.: Экономика, 1970. — 151 с.
63. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении. — М.: Финансы и статистика, 2002г.-367с.
64. Волкова В.Н. Из истории теории систем и системного анализа. — СПб: Издательство СПбГТУ, 2001г. — 259с.
65. Глущенко В.В. Исследование систем управления: социологические, экономические, прогнозные, плановые, экспериментальные исследования. Моск. обл., 2000.
66. Глущенко В.В. Разработка управленческого решения. Прогнозирование — планирование. Теория проектирования экспериментов. — 2-е изд., испр. — Железнодорожный, Моск. обл.: Крылья, 2000. — 400 с.
67. Коротков Э.М. Исследование систем управления. Москва Издательско-консалтинговая компания «ДеКА» 2000.
68. Edward Yourdon (1986). Managing the Structured Techniques: Strategies for Software Development in the 1990's. Yourdon Press. p.35.
69. Дэвид А. Марка и Клемент МакГоуэн. Предисловие Дугласа Т. Росса. Методология структурного анализа и проектирования SADT Structured Analysis & Design Technique. [Электронный ресурс] Режим доступа : www.pqm-online.com/assets/files/lib/marka.pdf.
70. Dave Levitt (2000):Introduction to Structured Analysis and Design. Retrieved

21 Sep 2008.

71. David C. Hay (1999) Achieving buzzword compliance in Object orientation Essential Strategies, Inc.
72. SADT at Free-logistics.com. Retrieved 21 Sep 2008. [Электронный ресурс] Режим доступа : http://www.free-logistics.com/index.php/Download-document/22-SADT_eng.html.
73. SSADM. – WEBOPEDIA. [Электронный ресурс] Режим доступа : <http://www.webopedia.com/TERM/S/SSADM.html>.
74. Солопов, П. Оценка целесообразности инвестиций в ИТ / П. Солопов // Открытые системы. 26.09.2005. [Электронный ресурс] Режим доступа : http://www.osp.ru/cio/2005/09/379612/_p1.html.
75. Microsoft Rapid Economic Justification (REJ) Guide / Microsoft. [Электронный ресурс] Режим доступа : <http://www.microsoft.com>.

Учебное издание

Инюшкина Ольга Георгиевна, **Кормышев** Валентин Михайлович

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Редактор *В.М. Кормышев*

Компьютерный набор *авторский*

Издательство «Форт Диалог-Исеть»
Подписано в печать 23.12. 13 г. Формат 60*84 1/16.
Печать на ризографе. Усл. п л. 63,8.
Тираж 50 экз. Заказ 1361073

Отпечатано в типографии ООО «Форт-Диалог Исеть»
620085, г. Екатеринбург, ул. Монтерская, д. 3 тел.: (343) 228-02-32